

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

ANALYSE SPATIOTEMPORELLE DE LA FRAGMENTATION DU PAYSAGE
ET RISQUES ASSOCIÉS EN CONTEXTE PÉRIURBAIN DE MONT-SAINT-
HILAIRE, RÉSERVE DE BIOSPHERE DE L'UNESCO

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN GÉOGRAPHIE

PAR
MARC BÉLIVEAU

OCTOBRE 2014

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je désire remercier mon directeur M. Daniel Germain sans qui ce mémoire n'aurait pu voir le jour. Son savoir, ses conseils, ses idées ainsi que sa grande générosité ont directement influencé la qualité de ce mémoire. Je tiens aussi à remercier mes professeurs et différents collaborateurs qui ont permis d'améliorer ma compréhension des concepts et enjeux abordés dans ce mémoire.

En second lieu, mes remerciements vont à ma mère, Aline Desrosiers, qui a toujours cru en moi. Merci aussi à Brigitte, Éric, Vincent, Nicolas, Hubert et la belle Sophie. Je ne peux passer sous silence l'apport de M. Benoit Fortin pour le travail sur le talus d'éboulis, les encouragements, l'écoute et les nombreux repas au restaurant. Florian Créac'hcadec pour les explications et les judicieux conseils en géomatique. Merci aussi à Hans Asnong pour ses encouragements soutenus à la poursuite de mes études universitaires et Mme Josée Perreault qui m'a accueilli à l'UQÀM, ainsi que Danielle Desjardins pour la structure, les conseils et sa franchise. Enfin, merci à la famille, aux collègues et aux amis qui ont influencé de près ou de loin la réalisation de ce mémoire, à savoir Alexandre Boucher, Mathieu Laforme, Xavier Ovando, Robert Lalonde, Christine, Camille et Marilou Robert, Nicole, Ian et Éric Noëlla Gagnon et Jean-Cyr Caron sans oublier les Béliveau qui ont fait naître mon intérêt pour la nature et les sciences.

Sur une note vraiment plus personnelle, je tiens à me féliciter d'avoir pris la décision d'entreprendre des études universitaires. Au-delà des diplômes obtenus, je garde un excellent souvenir des discussions avec mes pairs et mes professeurs et plusieurs conseils me seront utiles dans la poursuite de ma carrière et ma vie personnelle. Merci encore une fois à tous et à toutes!

*J'ai vu la mer là où s'étendait autrefois le sol ferme, j'ai
vu des terres là où s'étendait autrefois le sol le plus
ferme; j'ai vu des terres qui étaient sorties du sein des
flots; bien loin de la mer gisaient des coquilles marines*

Pythagore

À Hubert, Sophie et Aline

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	i
LISTE DES FIGURES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES	viii
RÉSUMÉ	ix
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I	
RÉGION ET SITE D'ÉTUDE.....	11
1.1 La région d'étude	11
1.1.1 Contexte géologique.....	11
1.1.2 Contexte géomorphologique	13
1.1.3 Climat régional et végétation	16
1.1.4 La Réserve de biosphère du Mont Saint-Hilaire	17
1.1.5 Profil sociodémographique de la ville de Mont-Saint-Hilaire	20
CHAPITRE II	
MÉTHODOLOGIE.....	22
2.1 Choix de la zone d'étude	22
2.2 Une approche géographique pour une perspective globale et intégrée	22
2.2.1 Évolution historique du contexte sociodémographique	23
2.2.2 Analyse spatiotemporelle de la fragmentation territoriale	24
2.2.3 Identification, caractérisation et délimitation des zones de contraintes ...	28
CHAPITRE III	
RÉSULTATS	30
3.1 L'humanisation du territoire de Mont-Saint-Hilaire.....	30
3.1.1 L'évolution de la population	30
3.1.2 L'extension spatiale du cadre bâti	32
3.2 Évolution historique de la fragmentation du milieu naturel	37

3.2.1 Perspective générale.....	37
3.2.2 Évolution spatiotemporelle de la fragmentation territoriale	39
3.3 Zones de contraintes et risques associés	48
CHAPITRE IV	
DISCUSSION	57
4.1 Croissance démographique, développement territorial et vulnérabilité	57
4.2 Patron et processus de fragmentation territorial	58
4.2.1 Le milieu agricole	61
4.2.2 Autre(s) utilisation(s) du sol	62
4.2.3 Les boisés	62
4.2.4 Le Mont Saint-Hilaire	63
4.2.5 Le milieu périurbain.....	64
CONCLUSION	69
ANNEXE A	
DIAGRAMMES DE ZING.....	71
ANNEXE B	
INDICE DE SPHÉRICITÉ DES NEUF QUADRATS ÉTUDIÉS.....	72
BIBLIOGRAPHIE	73

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1.	Localisation de la ville de Mont-Saint-Hilaire (Université McGill dans Transport Canada, 2009) et délimitation de la zone à l'étude.....	12
Figure 1.2.	Réserve de biosphère du Mont Saint-Hilaire (Centre de la Nature du Mont Saint-Hilaire, 2007).....	20
Figure 3.1.	Progression du développement résidentiel sur le piedmont du Mont Saint-Hilaire entre 1958, 1979 et 1999. (Centre de la Nature du Mont Saint-Hilaire, 2007).....	33
Figure 3.2.	Limite du périmètre d'urbanisation et espaces résiduels. (Modifié d'après le schéma d'aménagement de la MRC de La Vallée-du-Richelieu, 2006).....	34
Figure 3.3.	Cartographie de l'évolution spatiotemporelle de l'urbanisation à Mont-Saint-Hilaire pour la période de 1958 à 2007.	36
Figure 3.4	Diminution du couvert forestier dans la région du Mont Saint-Hilaire entre 1761 et 1993 (McGill, 2008).	38
Figure 3.5.	Variation spatiale (km ²) de l'utilisation du sol pour les classes agricole, autre et boisé en 1958, 1972, 1984, 1994 et 2007.....	41
Figure 3.6.	Variation spatiale (km ²) de l'utilisation du sol pour le Mont Saint-Hilaire, le milieu périurbain et les vergers en 1958, 1972, 1984, 1994 et 2007.....	43
Figure 3.7.	Cartographie de l'occupation du sol en 1958, 1972, 1984 et 1994.	47
Figure 3.8.	Cartographie de l'occupation du sol en 2007.	48
Figure 3.9.	Secteurs à fortes pentes et éboulements potentiels du Mont Saint-Hilaire. Délimitation de la zone à risque pour les chutes de pierres (Ville de Mont-Saint-Hilaire, 2011; Schéma d'aménagement de la MRC de La Vallée-du-Richelieu, 2005).....	50

Figure 3.10. Modèle d'élévation du Mont Saint-Hilaire et profils de pentes.....	51
Figure 3.11. Emplacement de la limite de sécurité pour le chutes de pierres.	54
Figure 3.12. Photographie orthogonale prise le 19 novembre 2007 illustrant la falaise Dieppe et le talus étudié avec les résidences situées au sein du périmètre de sécurité (Ville de Montréal, Air Imex Ltée).	55
Figure 3.13. Photographie du talus étudié. Le cliché a été réalisé à partir de la rue Ernest-Choquette. Fragments rocheux de cornéenne constituant la majeure partie du talus d'éboulis.....	56
Figure 4.1. Diagramme représentant les dix types de transformations spatiales du paysage selon Bogaert <i>et al.</i> (2004). La typologie est déterminée à partir d'un arbre de classification considérant la variation du périmètre, de l'aire et du nombre total de polygones. Les sections de couleur noire se rapportent à la couverture de la zone d'intérêt et les sections de couleur blanche à la matrice du paysage (Bamba, 2010).....	59
Figure 4.2 Corridors forestiers rattachés au Mont Saint-Hilaire (Modifié d'après le Centre de la Nature Mont Saint-Hilaire et Université McGill, 2004).	68

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1	Les différents statuts de protection du Mont Saint-Hilaire.....	18
Tableau 2.1	Description du contenu des classes d'occupation du sol utilisé	27
Tableau 2.2	Liste des photographies aériennes, orthophotos et cartes topographiques utilisées	28
Tableau 3.1	Caractéristiques démographiques de la ville de Mont-Saint-Hilaire	31
Tableau 3.2	Variation de l'utilisation du sol pour la période allant de 1958 à 2007.	39
Tableau 3.3	Variation de l'utilisation du sol pour la période 1958 à 1972.	44
Tableau 3.4	Variation de l'utilisation du sol pour la période 1972 à 1984.	45
Tableau 3.5	Variation de l'utilisation du sol pour la période 1984 à 1994.	45
Tableau 3.6	Variation de l'utilisation du sol pour la période 1994 à 2007.	46
Tableau 3.7	Caractéristiques morphométriques des débris de surface du talus d'éboulis.....	56
Tableau 4.1	Description des processus de transformation spatiale du paysage_d'après Bogaert et al. (2004).	61
Tableau 4.2	Quantification du changement d'utilisation du sol au profit du milieu périurbain pour les années 1958 et 2007.	62
Tableau 4.3	Nombre de polygones et superficie territoriale en fonction des différentes classes d'utilisation du sol aux abords du Mont Saint-Hilaire pour les années 1958 et 2007.....	64

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

ACRB	Association canadienne des réserves de biosphère
CIGM	Chambre immobilière du Grand Montréal
LRQ	Lois et règlements du Québec
MAMROT	Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
MRC	Municipalité régionale de comté
MSH	Mont-Saint-Hilaire
ONU	Organisation des Nations-Unies
SCHL	Société canadienne d'hypothèque et de logement
SIG	Système d'information géographique
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture

RÉSUMÉ

La région entourant la Réserve de biosphère du Mont Saint-Hilaire a connu une forte augmentation de sa population au cours des dernières décennies. Cette situation a engendré une forte périurbanisation, laquelle s'est traduite par le développement soutenu du milieu domiciliaire. Afin de mieux comprendre l'évolution spatiotemporelle de la fragmentation du paysage associée à cette périurbanisation récente, des indices de forme ont été calculés à partir de l'analyse diachronique de photographies aériennes, d'orthophotos, de cartes topographiques, de rapports géotechniques, d'un schéma d'aménagement et d'une classification de l'utilisation du sol pour la période de 1958 à 2007 à l'aide d'un système d'information géographique. L'analyse des informations a permis de mettre en évidence une augmentation de la superficie occupée par le développement périurbain (+455 %) pour la période considérée au détriment des superficies occupées par les vergers, l'agriculture et les boisés. Les résultats montrent également la localisation de six résidences exposées aux chutes potentielles de roches en provenance du talus d'éboulis, de corniches et de falaises rocheuses, lesquelles sont situées dans la zone à risque délimitée et cartographiée en 2003. Bien que le talus semble relativement stable, une meilleure connaissance de l'aléa et du risque permettrait une planification adéquate de l'aménagement dans le contexte actuel d'une périurbanisation accélérée et du changement climatique. Cette fragmentation territoriale couplée à une densification accrue du cadre bâti sur le piedmont du Mont Saint-Hilaire va également à l'encontre du rôle que devrait jouer la zone tampon de la Réserve de biosphère de l'UNESCO.

MOTS CLÉS : risques naturels – développement durable – réserve de biosphère – fragmentation du paysage – Mont Saint-Hilaire – Québec

INTRODUCTION

Dans le contexte des changements globaux récents et actuels, lesquels affectent autant la variabilité des systèmes naturels (réchauffement climatique, fréquence des événements extrêmes) que les vulnérabilités des territoires humanisés (infrastructures, dimensions sociodémographiques), force est de constater que la plupart des grandes agglomérations urbaines ont enregistré une forte augmentation de leur population au cours des dernières décennies. En 1950, environ le tiers de la population mondiale habitait les zones urbaines alors qu'en 2008, cette proportion a franchi le seuil des 50 % et devrait atteindre 60 % en 2030 (ONU, 2002; Paulet, 2009; UNPFA, 2009). En dépit du fait que le taux de croissance démographique d'une ville tend à diminuer à mesure que sa population augmente, l'extension spatiale du milieu urbain semble sans limites, hormis dans des contextes géographiques très contraignants. Cet étalement urbain se manifeste par l'implantation en milieu rural d'un type d'aménagement normalement associé au monde urbain (Da Cuhna *et al.*, 2005; Paulet, 2009; Cavailhès *et al.*, 2003). On y retrouve des quartiers résidentiels, des parcs industriels, des centres commerciaux, etc. Cette progression du monde urbain vers les milieux ruraux favorise ainsi l'émergence de limites géographiques de plus en plus floues entre ces deux mondes qui, quelques dizaines d'années auparavant, étaient pourtant délimités de manière plutôt franche (Certu, 2007; Leroy, 2000; Paulet, 2005).

L'accélération de l'étalement urbain est également bien corrélée aux grandes périodes de croissance économique (Allain, 2004; Tallet *et al.*, 2010). En Amérique du Nord, les premières banlieues sont apparues durant la révolution industrielle (Paulet, 2009). L'implantation des industries à la périphérie du centre historique des villes a entraîné la construction d'appartements résidentiels à proximité pour loger les travailleurs et

leur famille (Paulet, 2005). La forte croissance démographique après la Deuxième Guerre mondiale et l'implantation et le développement d'une société de consommation ont favorisé la création des premières banlieues-dortoirs (Paulet, 2005; Vachon, 2011). L'appellation *dortoir* vient de leur vocation originale, laquelle consistait en un lieu de repos après une journée de travail à la ville. Ces banlieues, habituellement construites sur les anciennes terres agricoles entourant les banlieues dites industrielles, étaient à l'origine caractérisées par la prédominance de résidences unifamiliales – de type bungalow – et un nombre réduit de services offerts à la population (Vachon, 2011; Fortin, 2008). Au fil des ans, ces banlieues se sont densifiées et l'offre de services s'est accrue (banques, épiceries, magasins, cliniques médicales, etc.) (Certu, 2007; Berque *et al.*, 2006; Paulet, 2005). Par conséquent, la demande croissante pour y habiter a favorisé une augmentation du prix des maisons, incitant par le fait même les gens à s'établir de plus en plus loin au sein des couronnes périurbaines dans une perspective d'accès à la propriété (Paulet, 2009; Vachon, 2011). La densité d'occupation du territoire périurbain est généralement plus faible que celle des banlieues, les services offerts à la population y sont moins nombreux et les activités agricoles accaparent, pour l'essentiel, le territoire (Doyon et Frej, 2003; Paulet, 2005). Par contre, aujourd'hui certaines villes périurbaines se caractérisent par une population et des services en croissance, jouant même le rôle de ville-centre pour les municipalités et les villages aux alentours à vocation plus rurale (Paulet, 2005).

Doyon et Frej définissent d'ailleurs le milieu périurbain comme

l'espace situé entre la ville centrale et la zone rurale périphérique. C'est un espace où se mêlent dans des proportions variables les éléments de la ville et ceux de la campagne. La transition de la ville vers la zone rurale ne se fait pas de manière uniforme. En effet, on retrouve dans cet espace des villes secondaires, des noyaux villageois, des zones rurales, des zones boisées, etc. Les intérêts en place sont multiples; ceux des résidents, des entrepreneurs, des récréotouristes, des écologistes. Il en résulte un espace multifonctionnel où se côtoient intensément par

exemple des activités agricoles, commerciales, industrielles, récréotouristiques et de conservation. (Doyon et Frej, 2003).

Cette définition, beaucoup plus englobante que celle de Cavailhès *et al.* (2003) par exemple – lesquels définissent le périurbain comme un espace rural, mais avec une population active qui travaille dans une ville en effectuant des migrations alternantes – sera celle retenue dans le cadre de cette recherche.

Deux phénomènes sont étroitement associés au processus contemporain de périurbanisation : 1) l'accroissement du pouvoir individuel de motorisation et; 2) l'augmentation du nombre d'habitations de type unifamilial (Fortin *et al.*, 2002; Mercier, 2006). Le développement de voies rapides au sein et en périphérie d'une agglomération urbaine contribue à son étalement en facilitant la circulation automobile à l'échelle intra-urbaine (Certu, 2007; Fortin *et al.*, 2008; Ritchot *et al.*, 1994). Il est donc possible de se déplacer entre les zones dites de résidences, d'emplois, de consommation et de loisir. En revanche, les distances à parcourir entre ces zones s'avèrent de plus en plus grandes puisque l'étalement urbain s'accroît sans cesse (Certu, 2007; Fortin et Després, 2009).

Selon l'ONU Habitat (2010), l'étalement urbain constitue désormais un problème mondial parce qu'il est en contradiction avec les principes de développement durable en raison des répercussions notables et importantes d'un point de vue environnemental, économique et social. En effet, la surconsommation d'espace entraîne la disparition des terres agricoles et la perte d'écosystèmes abritant de nombreuses espèces végétales et animales (Paulet, 2005, 2009; Fortin *et al.*, 2008). D'un point de vue économique, l'expansion urbaine entraîne des coûts énergétiques importants puisque la construction et l'entretien des infrastructures (routes, aqueducs, lignes de télécommunication, etc.), destinées à desservir les nouveaux quartiers, exigent l'extraction d'une quantité phénoménale de matières premières telles que le

pétrole, les minéraux et les métaux (Certu, 2007; Norman *et al.*, 2006). Sur le plan social, ces nouvelles banlieues présentent souvent un profil socioéconomique homogène (Paulet, 2009). Elles sont en grandes parties composées de gens avec des revenus moyens, ou supérieurs à la moyenne, et qui ont les ressources financières pour posséder une ou plusieurs voitures (ONU Habitat, 2010; Paulet, 2005). Les revenus provenant de taxes foncières permettent alors aux nouvelles banlieues de financer leurs infrastructures alors que leurs résidents utilisent directement ou indirectement celles de la ville-centre pour y travailler et obtenir des services. Les administrations des villes-centres et des banlieues moins récentes sont alors confrontées à des problèmes budgétaires lorsqu'elles doivent construire et rénover leurs infrastructures puisque ces dernières doivent être redimensionnées en fonction du nombre accru d'utilisateurs plutôt qu'en fonction de la population réelle.

Au Québec, la communauté métropolitaine de Montréal (CMM), instituée en 2001, représente la structure administrative qui chapeaute l'ensemble de l'agglomération urbaine de Montréal. La CMM regroupe 82 municipalités, principalement réparties sur l'île de Montréal, à l'intérieur de deux banlieues que sont les agglomérations de Longueuil et de Laval, et puis des couronnes nord et sud. Le territoire de la CMM couvre plus de 4 360 km² correspondant à une population de plus de 3,8 millions d'habitants (CMM, 2014). À partir du milieu du XXe siècle, le développement des banlieues de Montréal (Longueuil et Laval) s'est concentré à proximité des autoroutes et des ponts qui les relient à l'île de Montréal. Essentiellement constitué de résidences unifamiliales, cet étalement urbain a été favorisé d'une part, grâce au programme d'accès à la propriété de la Société canadienne d'hypothèque et de logements (SCHL) et, d'autre part, via la démocratisation de l'automobile. Ce moyen de transport, devenu de plus en plus accessible, a ainsi permis le mouvement pendulaire entre le lieu de travail et le lieu de résidence (Ritchot *et al.*, 1994). La popularité de ce mode de vie a rapidement consommé l'espace dédié à la construction de bungalows sur le territoire de Longueuil et Laval. Parallèlement, la population de la CMM n'a cessé

d'augmenter et la demande pour ce type d'habitation a fait de même occasionnant, l'augmentation des prix (Vachon, 2011). Cette situation incite donc les acheteurs à s'éloigner de Montréal afin de pouvoir acquérir une maison à un prix plus abordable (Dubuc, 2009).

Soixante ans plus tard, l'étalement urbain se poursuit et le prix d'achat d'une résidence uni- ou multifamiliale constitue toujours l'un des principaux incitatifs pour résider en banlieue. À titre d'exemple, le prix médian d'une maison unifamiliale en Montérégie était de 246 000\$ en 2010, par comparaison à 335 000\$ sur l'île de Montréal (CIGM, 2010). Selon la SCHL, entre 15 000 et 20 000 personnes quittent Montréal annuellement pour s'établir en banlieue (Shaffer, 2009). Ce sont d'ailleurs les municipalités situées à l'extrémité des couronnes nord et sud de Montréal qui enregistrent les plus fortes augmentations de population, notamment celles qui ont accès au réseau ferroviaire des trains de banlieue (Shaffer, 2009; SCHL, 2007, Statistique Canada, 2008a). L'étalement urbain des dernières décennies demeure toutefois étroitement lié aux transports, notamment l'automobile (Ritchot *et al.*, 1994). Les déplacements automobiles entre le lieu de travail et le domicile occasionnent d'ailleurs de nombreux problèmes de congestion. À l'heure actuelle, cette congestion affecte autant la périphérie que l'île de Montréal. Par conséquent, l'État, de concert avec les villes et les municipalités, doit prolonger les infrastructures routières déjà existantes (e.g. autoroute 30 en Montérégie) et en construire de nouvelles (e.g. pont de l'autoroute 25 entre Montréal et Laval) afin de desservir l'ensemble des résidents de ces nouvelles banlieues, de plus en plus éloignées du centre-ville de Montréal. Ces aménagements doivent être planifiés et financés par les différents paliers de gouvernement tout en respectant la capacité de payer des contribuables et les principes de développement durable.

Selon le Gouvernement du Québec, lequel a adopté en 2006 la Loi sur le développement durable, ce dernier se définit comme suit :

... un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Le développement durable s'appuie sur une vision à long terme qui prend en compte le caractère indissociable des dimensions environnementale, sociale et économique des activités de développement. (Gouvernement du Québec, 2006; LRQ c.D-8.1.1).

Cette loi a pour objectif principal de mettre en place, au sein de l'administration gouvernementale, un nouveau mode de gouvernance qui s'articule autour des 16 principes de développement durable. Bien que l'environnement, l'économie et la société forment un tout difficilement dissociable, certains principes visent plus spécifiquement l'un de ces trois éléments. Ainsi, la dimension environnementale est prise en compte par les principes de précaution, de protection et de préservation de la biodiversité ainsi que la capacité de support des écosystèmes. La dimension économique renferme les principes d'efficacité, de production et de consommation responsable, de pollueur-payeur et d'internalisation des coûts. À la nécessité de produire un développement en harmonie avec l'environnement et l'économie, s'ajoute celle de réaliser le tout en tenant compte de l'aspect social.

Bien que le développement durable repose sur le tryptique environnement-économie-société précédemment mentionné, l'environnement représente néanmoins l'ensemble des conditions de départ – en termes de capacité de support, contraintes, ressources naturelles, etc. – ce qui en fait une constituante de base au sein de laquelle vont évoluer ultérieurement les systèmes économiques et sociaux.

Dans cette perspective, loin de n'être qu'une variable, l'environnement est une condition de tout développement, alors que l'économie en est un moyen. De son côté, le social, qui concerne autant les individus que les collectivités, constitue la finalité de tout développement. (Gendron, 2012)

À cet égard, l'aménagement du territoire doit prendre en considération le principe de prévention. C'est-à-dire que confronté à un risque connu, on doit tenter de le prévenir et prendre des mesures afin d'en atténuer les conséquences et corriger la situation. C'est d'ailleurs dans cette perspective de protection des biens et des personnes contre les sinistres que la Loi sur la sécurité civile (LRQ, chapitre S-2.3) a été instaurée en 2001. Pour parvenir efficacement à cette fin, l'approche globale et intégrée a été utilisée. Cette approche holistique considère la gestion du risque sous l'angle économique, social et environnemental tout en tenant compte des interactions qui les unissent. Ainsi appréhendée, la gestion des risques devient une responsabilité individuelle et collective, et l'ensemble de la communauté est inclus dans les solutions retenues. La synthèse de cette réflexion est contenue dans le schéma de sécurité civile, lequel s'applique à l'ensemble du territoire de la Municipalité régionale de comté (MRC). Par conséquent, le schéma devrait recenser les aléas potentiels et les zones vulnérables sur le territoire afin d'identifier les risques. Il couvre ainsi les quatre objectifs de la sécurité civile, à savoir : la prévention, la préparation, l'intervention et le rétablissement de la situation une fois le sinistre terminé. Outre la participation des autorités gouvernementale, la Loi sur la sécurité civile implique aussi directement les citoyens dans la prévention des risques. En effet, les personnes sont tenues de faire preuve de prévoyance face aux risques qui composent leur environnement. De plus, les personnes morales et physiques ont l'obligation de déclarer aux autorités compétentes les risques majeurs générés par leurs activités et leurs biens (Ministère de la Sécurité publique du Québec, 2008; LRQ, chapitre S-2.3). Toutefois, compte tenu des difficultés techniques, scientifiques et économiques relatives à l'élaboration d'un tel schéma de sécurité civile, aucun d'entre eux n'a encore été réalisé jusqu'à présent au Québec.

La prévoyance est donc de mise en ce qui concerne l'extension spatiale du cadre bâti. Un développement rapide et sans réelle prise en compte du milieu physique pourrait entraîner de graves conséquences économiques et sociales pour les résidents. À titre d'exemple, la municipalité de Saint-Amable, en Montérégie, a vu sa population augmenter de plus de 40 % entre 2001 et 2010. Plusieurs maisons unifamiliales ont été construites sur un sol argileux à faible capacité portante (Bouquet *et al.*, 2011). Par conséquent, les propriétaires ont dû faire pieuter leur fondation jusqu'au roc afin de stabiliser leur résidence. Ces travaux coûteux, plusieurs dizaines de milliers de dollars pour chaque résidence, ont été défrayés en majeure partie par les propriétaires et dans une moindre mesure par l'Association provinciale des constructeurs d'habitations du Québec (APCHQ), la municipalité de Saint-Amable et les gouvernements. Afin d'éviter que cette situation se reproduise, la municipalité de Saint-Amable exige dorénavant que les nouvelles fondations soient approuvées par un ingénieur (Bélanger, 2006; Saint-Amable, 2009).

Sur le plan social, anticiper et prévoir adéquatement l'utilisation du territoire permet aussi de maintenir l'harmonie entre les différents types d'usagers du milieu. Par contre, même une bonne planification des différentes utilisations (industrielles, commerciales, résidentielles) ne constitue pas une garantie contre les conflits d'usages sur le territoire. C'est le cas de plusieurs résidents de secteurs de villégiature en Estrie et dans les Laurentides, lesquels sont aux prises avec les désagréments causés par les locataires de chalets. En effet, plusieurs propriétaires offrent en location leur chalet ou résidence secondaire pour de courtes périodes. La tranquillité des voisins et autres résidents s'en trouve ainsi perturbée par les locataires qui, dans bien des cas, organisent des fêtes bruyantes avec parents et amis. Ce phénomène a atteint une telle ampleur que les municipalités ont dû réglementer afin de restreindre les activités de location aux zones commerciales (Radio-Canada, 2010; TVA, 2010).

La popularité d'un lieu voué à la protection de la nature peut aussi affecter sa vocation de préservation et devenir une véritable source de désagréments pour les citoyens habitant à proximité. C'est le cas de la réserve naturelle Gault (Parc de conservation du Mont Saint-Hilaire) où plus de 200 000 visiteurs ont été recensés au Centre de la Nature du Mont Saint-Hilaire pour l'année 2010 uniquement. La majorité des visiteurs s'y rendent en voiture puisque l'accès au Centre n'est pas desservi par le transport en commun. Certains visiteurs accèdent aussi au site de façon illégale (Doyon et Frej, 2003). Pour ce faire, ils stationnent leur voiture à proximité de la montagne et entrent sur le site sans payer le droit de passage. Afin de contrer ce problème, la ville de Mont-Saint-Hilaire (MSH) a interdit le stationnement dans les rues situées à proximité de la montagne. Malheureusement pour les résidents, ceux-ci se voient contraints d'obtenir une vignette afin de stationner leur(s) véhicule(s) devant leur propre résidence (ACRB, 2008; Lafrance, 2004; Lechowicz 1996, 2011). Malgré tout, l'attrait de la montagne demeure très fort et les entrées illicites occasionnent d'autres problèmes. En effet, d'une part les visiteurs illégaux privent le Centre de la Nature de revenus et, d'autre part, leur comportement nuit à la préservation des écosystèmes en accentuant la dégradation de la végétation et l'érosion des sols en dehors des sentiers. De plus, les passages répétés hors des sentiers balisés perturbent les sites voués à la recherche scientifique et peuvent même constituer un risque pour la sécurité. Au fil des ans, plusieurs personnes ont d'ailleurs dû être secourues par les services d'urgences spécialisés de la ville de MSH (ACRB, 2008; Lechowicz 1996, 2011).

Les trois exemples précédemment mentionnés illustrent clairement les difficultés réelles d'aménagement ou de développement durable et les interrelations existant entre les composantes physiques et humaines. Une bonne planification de l'aménagement et une connaissance adéquate du cadre biophysique d'une région apparaissent donc primordiales afin de favoriser le développement et l'utilisation durables du territoire, et ce, au profit de tous les utilisateurs. Une planification

rigoureuse de l'aménagement qui respecte les principes du développement durable permet d'éviter, ou du moins d'atténuer, l'exposition aux risques naturels et les conflits d'usages sur un territoire tout en préservant les écosystèmes. C'est sous cet angle que ce mémoire de maîtrise s'intéresse à la périurbanisation accélérée que connaît la région de MSH à travers une approche géographique du territoire, permettant ainsi de mieux saisir les interrelations entre les processus physiques et sociaux. Ce travail a pour but de documenter et d'illustrer la nécessité d'une approche holistique en planification territoriale, et ce, particulièrement dans un contexte de Réserve de biosphère de l'UNESCO. À ce jour, plusieurs études se sont intéressées à différentes thématiques de nature environnementale, territoriale ou sociale dans la région de MSH mais aucune d'entre elles ne découle d'une approche globale et multiscalaire alliant les composantes biophysiques et les processus d'humanisation du territoire (ACRB, 2008). Dans le cadre de la présente étude, trois objectifs secondaires sont poursuivis : 1) caractériser le processus de périurbanisation à l'échelle de la municipalité et de la MRC dans le secteur du Mont Saint-Hilaire; 2) produire une analyse spatiotemporelle du patron et des processus de fragmentation territoriale issue des relations entre l'Homme et la Nature et ; 3) identifier les zones de contraintes pour l'établissement du cadre bâti.

CHAPITRE I

RÉGION ET SITE D'ÉTUDE

1.1 La région d'étude

La ville de Mont-Saint-Hilaire est située à une trentaine de kilomètres à l'est de Montréal (fig. 1.1). Elle fait partie de la MRC de la Vallée-du-Richelieu. La ville est bordée à l'ouest par la rivière Richelieu et à l'est par le Mont Saint-Hilaire. Sur les versants nord, est et sud de cette colline dominant les vergers et les plaines agricoles (fig. 1.1).

1.1.1 Contexte géologique

Situé dans la province géologique des Basses-terres du Saint-Laurent, le MSH fait partie des collines Montérégiennes dont la mise en place remonte à la période du Crétacé, soit il y a entre 130 et 99 millions d'années (Gilbert et Foland, 1986; Currie, 1989; Brisebois et Brun, 1994). L'appellation *Montérégiennes* provient du latin *Mons Regius* (Mont Royal) (Adams, 1914; UQÀM, 2009). De forme circulaire, le mont s'élève à 375 mètres au-dessus de la plaine environnante et à une altitude de 414 mètres au-dessus du niveau de la mer (Feiniger et Goodacre, 1995). Sa superficie est d'environ 10 km² et le volume du complexe intrusif alcalin, d'origine plutonique, est estimé à 14,4 km³ (Gilbert et Foland, 1986; Feininger et Goodacre, 1995; Morin *et*

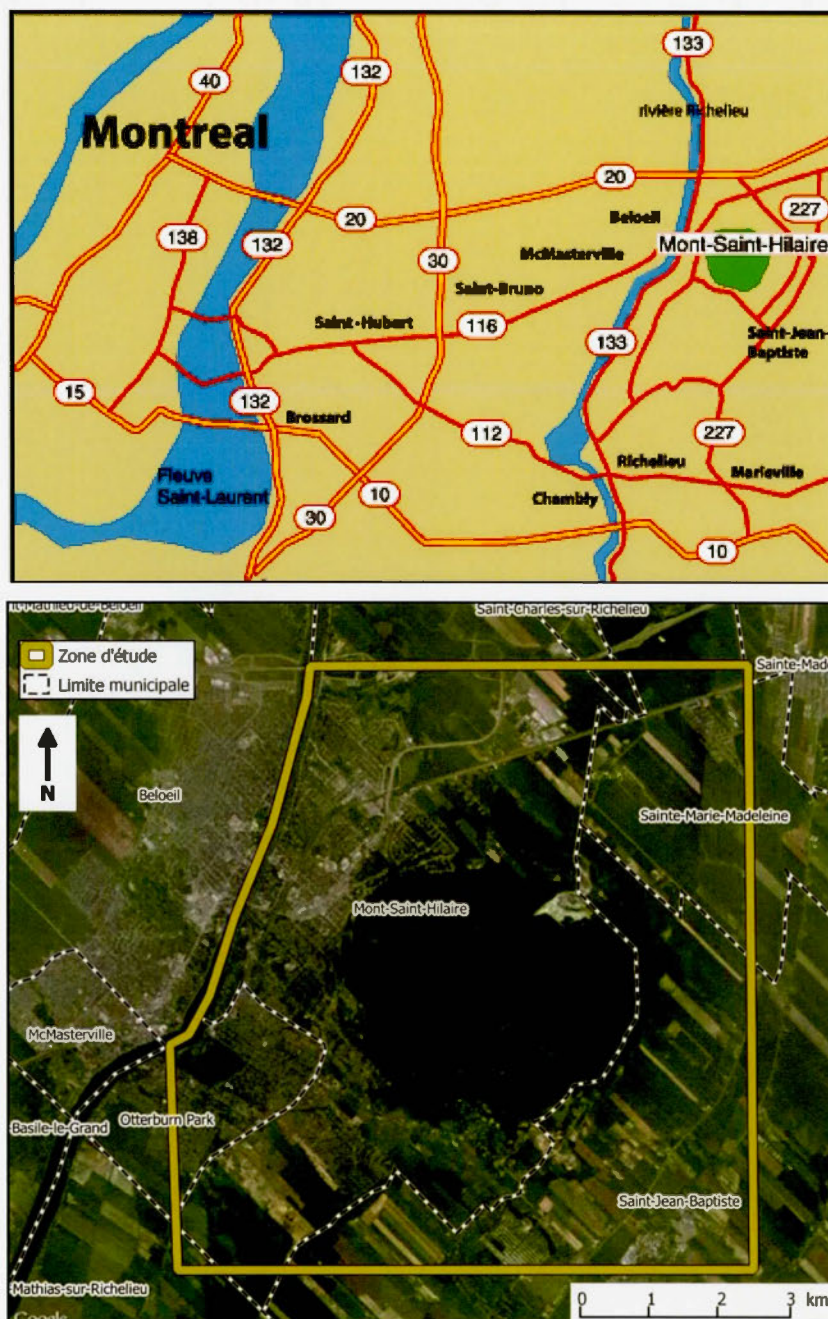


Figure 1.1. Localisation de la ville de Mont-Saint-Hilaire (Université McGill dans Transport Canada, 2009) et délimitation de la zone à l'étude.

al., 1996). Ces roches intrusives se seraient cristallisées à environ deux kilomètres sous la surface terrestre (Eyles et Miall, 2007; Université McGill, 2008),

vraisemblablement à l'intérieur des roches sédimentaires mises en place pendant le Silurien et le Dévonien (438 à 360 millions d'années) (Landry et Mercier, 1992; Université McGill, 2008). Trois intrusions magmatiques distinctes auraient permis une redistribution de la lave à l'horizontale (Currie, 1983, 1989), sous la forme de filons-couches et de laccolites, entre les couches de roches sédimentaires. La pression magmatique, également à l'origine des dykes, aurait favorisé la formation de cornéennes sous forme d'une ceinture de 50 à 150 mètres de largeur et particulièrement visibles sur les affleurements rocheux actuels du MSH.

À l'échelle régionale, le paysage repose sur le socle grenvillien recouvert des grès de Postdam sur une épaisseur de 100 à 200 mètres, puis des calcaires, schistes calcaires et silstones des formations de Queestone (i.e. anciennement le groupe de Richmond) et de Lorraine et ce, sur près de 1 500 mètres d'épaisseur (Clark, 1955; Currie, 1989; Bédard, 2007; Lasalle et Nelson, 1962; Globensky, 2007; Grenon *et al.*, 1999). Les roches plus récentes et la brèche qui recouvrait le pluton auraient été érodées à un point tel qu'il n'en subsiste aujourd'hui que très peu de traces (McGill, 2008).

1.1.2 Contexte géomorphologique

Le paysage actuel de la région du MSH a été façonné en grande partie par la dernière période glaciaire. L'érosion glaciaire a laissé un versant nord-ouest très abrupt et une trainée de matériel non consolidé sur le flanc sud-sud-est (Currie, 1989). La quasi-totalité des plus gros blocs contenus au sommet d'un cône torrentiel situé sur le bas côté sud-est de la colline provient de la montagne (e.g. 38 % de syénite, 20 % de cornéenne, 16 % de brèche et 16 % d'essexite). Les autres roches proviennent du Bouclier canadien (Prichonnet *et al.*, 1987).

Les dépôts de surface sont, pour l'essentiel, d'origine glaciaire, proglaciaire, marine, lacustre et fluviale. Les dépôts glaciaires sont composés de till, de gravier et de sable azoïque (Prichonnet, 1977). Selon Lasalle et Elson (1962), le till est arénacé et majoritairement d'origine calcaire. Sa couleur brune rougeâtre, parfois grise, est due aux éléments que le till contient et non pas à la météorisation du matériel (Lasalle, 1981). Ce till, de plus d'un mètre d'épaisseur, occupe la base des flancs nord et est. On retrouve aussi un till mince (< 1 mètre d'épaisseur) dans les dépressions entre les sommets ainsi qu'à la base des tourbières Hemlock Carr et du lac Hertel à des altitudes respectives de 243 et 162 mètres (Lasalle, 1966; Occhietti et Richard, 2003; Richard et Occhietti 2005; Québec, 1999).

Étant le point le plus élevé de la région, le sommet du MSH fut déglacé avant les terres environnantes, et ce, aux environs de 13 000 ans AA (Lasalle, 1966; Prichonnet, 1977; Occhietti et Richard, 2003). Il formait alors une île au milieu du lac Candona (Gadd, 1988; Harington et Occhietti, 1988; Turgeon *et al.*, 2003; Parent et Occhietti, 1999). Durant cette période, des argiles limoneuses de couleur brune rougeâtre se sont déposées (Lasalle, 1981; Lasalle et Elson, 1962). Ces argiles seraient celles décrites sous le nom de sédiments de Chambly par Lasalle et Elson en 1962, 1981 et 1985 (Tremblay, 2008).

L'épisode successif de la mer de Champlain aurait duré 2 500 ans (Occhietti et Richard, 2003). L'élévation maximale de la mer aurait atteint 200 mètres au MSH, soit approximativement 30 mètres au-dessus du niveau actuel du lac Hertel. Cette phase marine, enregistrée dans les sédiments du lac Hertel, aurait duré trois siècles (Occhietti et Richard, 2003). À l'échelle régionale on lui associe des dépôts argileux d'une épaisseur variable, soit de trois à 42 mètres (Elson, 1962, Québec, 1999). Le cône torrentiel sur le flanc sud-est de la colline aurait été remanié par les eaux de la mer de Champlain comme en témoignent les différents niveaux de terrasses et de

plages contenant des fossiles tels que *Hiatella arctica* et *Mya arenaria* (Prichonnet *et al.*, 1987).

La superficie des terres inondées diminuait au fur et à mesure que le relèvement isostatique avait cours. La carte des dépôts de surface du Ministère des forêts attribue des origines glaciaires et marines à la majeure partie des sédiments meubles avoisinant le MSH (Québec, 1999). De manière générale, les terres au-dessus de 50 mètres sont recouvertes de dépôts littoraux marins alors que celles en dessous sont recouvertes de dépôts marins mis en place en eau profonde et peu profonde. En revanche, certains auteurs (Lasalle et Elson 1962; Nolin, 1985; Nolin et Lamontagne, 1990; Grenon *et al.*, 1999; Lajoie, 2009) associent la mise en place finale des dépôts de surface aux différentes phases du proto Saint-Laurent.

L'intervalle Rigaud-Montréal est associé à l'émersion des terres situées sous la courbe de niveau de 64 mètres (MacPherson, 1967). La confluence de la rivière des Outaouais avec l'eau en provenance des Grands Lacs et du lac Champlain a produit un élargissement du proto Saint-Laurent. C'est au cours de cette période que le sable situé sur les hautes terrasses s'est déposé du côté nord du MSH (Grenon *et al.*, 1999; Lajoie, 2009; Nolin, 1985; Nolin *et al.*, 1991). L'épaisseur de l'accumulation n'excède pas trois mètres et on retrouve une couche de silt gris (15 à 30 centimètres) intercalée entre l'argile marine et le sable brun à gris moyen des hautes terrasses (Lasalle et Elson, 1962; Grenon *et al.*, 1999).

L'intervalle Montréal-Saint-Bathélémy est associé à la formation du lac Lamsilis. Ce lac d'eau douce, situé sous les isolignes de 30 mètres, précède la formation du lac Saint-Pierre (Bourque, 2010). Le MSH était situé à la pointe sud d'une île formée par les dépôts fluviatiles accumulés en aval de ce dernier (i.e. les hautes terrasses) (MacPherson, 1967; Nolin *et al.*, 1991). Enfin, la phase Saint-Barthélémy correspond à un niveau d'eau supérieur de 15 mètres par comparaison à l'actuel. Des argiles

marines remises en suspension par le Saint-Laurent se sont déposées dans le chenal, de cinq à huit kilomètres de largeur, situé entre le MSH et Rougemont. Le relèvement isostatique a provoqué la fermeture subséquente de ce chenal peu profond, aujourd'hui occupé par la rivière des Hurons et la rivière Salvail (Lajoie, 2009; MacPherson, 1967).

1.1.3 Climat régional et végétation

La région du MSH se caractérise par un climat continental humide avec un été chaud et légèrement humide ainsi qu'un hiver froid et plutôt long (Québec, 2014). Les normales climatiques issues de la station météorologique de St-Hubert (OMM 71371)¹ pour la période 1981-2010 indiquent une température moyenne annuelle de 6,2°C. Les précipitations totales annuelles avoisinent 1 000 mm, dont à peine plus de 200 mm tombe sous forme de neige. La période sans gel est de 150 jours et le nombre de degrés-jour de croissance est supérieur à 2 000 (Environnement Canada, 2014).

Le secteur à l'étude fait partie de la zone tempérée nordique où la forêt décidue domine. Il s'agit spécifiquement de l'érablière à caryer cordiforme (Rouleau *et al.*, 1990). L'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsch) est présent en association avec d'autres espèces tels le hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia* Ehrh) et le chêne rouge (*Quercus rubra* L) (Arii *et al.*, 2005).

¹ La station est située à une vingtaine de kilomètres à l'ouest du mont Saint-Hilaire.

1.1.4 La Réserve de biosphère du Mont Saint-Hilaire

Samuel de Champlain mentionne dans ses carnets la présence du MSH en 1609 lors d'un voyage sur la rivière Richelieu². La colonisation débute en 1694 suite à la concession de la seigneurie de Rouville à Jean-Baptiste Hertel. La paroisse est fondée en 1795. En 1844, Thomas Edmund Campbell achète la seigneurie et accélère son développement en investissant dans la construction de moulins à eau. À la vocation agricole initiale s'ajoute celle de villégiature suite à l'avènement du chemin de fer en 1848. La seigneurie fût ensuite acquise par Hamilton Gault en 1913. À sa mort, en 1958, il légua le MSH à l'Université McGill afin

... que sa beauté et ses charmes puissent être préservés pour les générations futures, non seulement pour l'intérêt qu'ils présentent pour l'Université, mais aussi et grâce aux enseignements que l'on pourra en tirer, comme un héritage dont la jeunesse canadienne pourra profiter et jouir » (Université McGill, 2008).

De plus, comme l'a fait M. Gault en 1958, plusieurs citoyens ont légué leur(s) terrain(s) afin d'augmenter la superficie des aires protégées autour du MSH (SHBSH 2009; Université McGill 2008; Clerk 1996; Association des citoyens de Mont-Saint-Hilaire, 2009; Lambert, 2005; Ville de Mont-Saint-Hilaire, 2004, 2009).

De par sa nature géologique et faunistique particulière, le MSH se révèle être un endroit remarquable. Sur le plan géologique, on y retrouve plus de 340 types de minéraux, soit environ 10 % de tous les minéraux connus, dont 40 sont uniques au monde (McGill 2008; CNMSH 2011). Sur le plan écologique, la partie sud de la colline est particulièrement riche avec le lac Hertel, d'une superficie de 32 hectares, et la présence d'une forêt précoloniale renfermant de très vieux érables (Lambert,

² Champlain le nomma le *mont Fort*.

2007; McGill, 2008). Cette érablière à caryer, très peu perturbée depuis le début de la colonie, constitue d'ailleurs l'un des rares lieux de conservation de la biodiversité associée à cet écosystème complexe. De plus, la Falaise Dieppe sert de milieu de vie pour le faucon pèlerin et de nombreuses autres espèces animales et végétales considérées comme vulnérables ou menacées au Québec (McGill 2008; Millien, 2003). C'est pourquoi le MSH fût désigné Réserve mondiale de biosphère par l'UNESCO en 1978 (Université McGill, 2008; Fortin, 2009; CNMSH, 2011; Lambert, 2005).

Avant sa nomination, à titre de première Réserve de la biosphère au Canada en 1978, le MSH avait obtenu les statuts de Réserve en 1952 et de Refuge pour les oiseaux migrateurs en 1960. Suite à l'ajout de la Réserve de la biosphère Champlain-Adirondack en 1989 et celle du lac Saint-Pierre en 2000, la Réserve de MSH se trouve maintenant à mi-chemin entre la source de la rivière Richelieu, le lac Champlain, et son exutoire le lac Saint-Pierre (SHBSH, 2009; Université McGill, 2008; Centre de la Nature, 2007; UNESCO, 2007). Le tableau 1.1 montre l'année d'obtention des différents statuts de protection que possède le MSH ainsi que les échelles de reconnaissance qui lui sont conférées.

Tableau 1.1
Les différents statuts de protection du Mont Saint-Hilaire

Statut de protection	Échelle de reconnaissance	Année d'obtention
Réserve de biosphère	Internationale	1978
Réserve et refuge d'oiseaux migrateurs	Nationale	1952 et 1960
Réserve naturelle en milieu privé	Provinciale	2004
Parc de conservation	Régionale et municipale	2012

Sources : Centre de la Nature du Mont Saint-Hilaire

http://centrenature.qc.ca/?page_id=146; MDDEP

<http://www.mddep.gouv.qc.ca/biodiversite/prive/naturelle/gault-mcgill/index.htm>

Selon l'UNESCO, les réserves de la biosphère ont trois fonctions interdépendantes, à savoir : i) la conservation des paysages, écosystèmes, espèces et variation génétique; ii) le développement économique, humain et culturel adapté et; iii) fournir un appui logistique à la recherche, la surveillance continue, l'éducation environnementale et la formation. Ces fonctions se répartissent de manière plus ou moins importante selon les trois aires distinctes et complémentaires qui composent une réserve de biosphère (fig. 1.2). La première zone centrale vise la préservation de l'écosystème alors que la seconde, située en périphérie de la première, est une zone tampon qui a pour objectif d'atténuer les impacts occasionnés par les activités humaines. À titre d'exemple, les échanges génétiques des espèces peuvent être favorisés en mettant à leur disposition des corridors fauniques adaptés pour rejoindre une ou des zones plus marginales. De plus, les activités qui se déroulent dans cette zone doivent être en accord avec les principes du développement durable (activités d'éducation à l'environnement, activités récréatives dont les impacts sont faibles sur l'écosystème, etc.). Enfin, la troisième aire vise la collaboration entre les différents intervenants ayant juridiction sur le territoire afin que ceux-ci instaurent des pratiques et des politiques qui permettent un développement économique, social et culturel qui soit durable (ACRB, 2009; CNMSH, 2012; UNESCO, 2011).

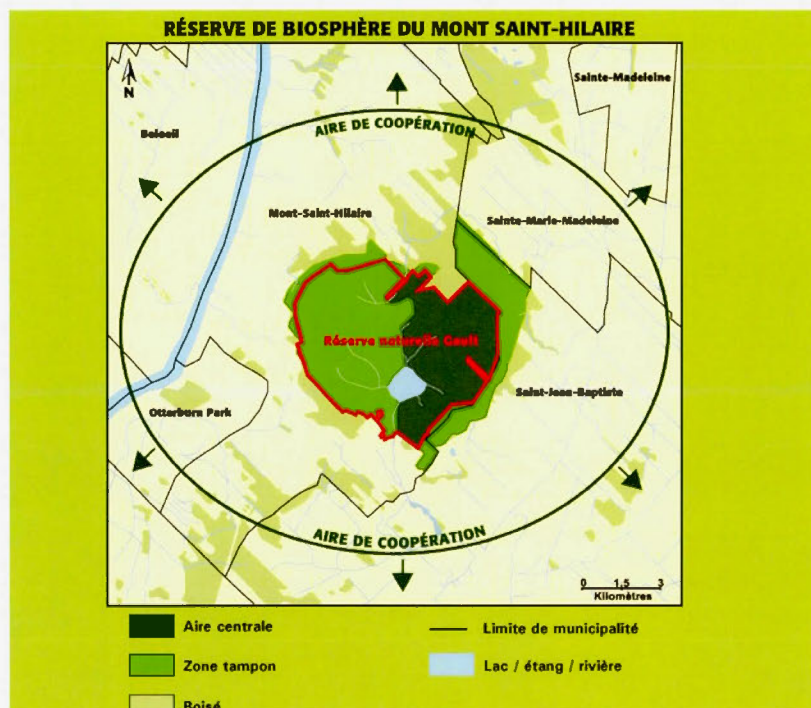


Figure 1.2. Réserve de biosphère du Mont Saint-Hilaire (Centre de la Nature du Mont Saint-Hilaire, 2007).

1.1.5 Profil sociodémographique de la ville de Mont-Saint-Hilaire

Située à une trentaine de kilomètres à l'est de Montréal et sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent, la ville de MSH fait partie de la troisième couronne de l'agglomération de Montréal. Elle fait partie de la MRC de La Vallée-du-Richelieu au même titre que les villes de Carignan, Chambly, Otterburn Park, Saint-Jean-Baptiste, Saint-Charles-sur-Richelieu, Saint-Denis-sur-Richelieu, Saint-Basile-le-Grand, McMasterville, Beloeil, Saint-Mathieu-de-Beloeil, Saint-Marc-sur-Richelieu et Saint-Antoine-sur-Richelieu.

En 2010, la population de MSH était de 17 414 habitants (Ville de Mont-Saint-Hilaire, 2011b). La ville occupe une superficie de 44,29 km² avec une densité moyenne de la population de 393 habitants au kilomètre carré. Le revenu médian des

personnes s'élève à 33 215\$ pour l'année 2005. Enfin, 6,9 % des hilarmontais(e)s détiennent un diplôme universitaire et l'âge médian est de 42,8 ans (MAMROT, 2011; Statistique Canada, 2007).

CHAPITRE II

MÉTHODOLOGIE

2.1 Choix de la zone d'étude

La tendance manifeste à l'urbanisation du territoire qui sévit depuis les dernières décennies, au Québec et ailleurs, entraîne des transformations rapides de nature démographique, fonctionnelle et paysagère sans précédent. À l'échelle du Québec, cette accélération du développement périurbain, notamment aux alentours de Montréal, n'est pas sans conséquence sur le cadre bâti face aux aléas naturels (i.e. inondation de la rivière Richelieu au printemps 2011, faible capacité portante des sols argileux à Saint-Amable, etc.). La présence d'éboulis vifs sur les flancs escarpés du MSH de même que l'observation d'un développement résidentiel situé de plus en plus haut sur le piedmont a soulevé des questions sur les orientations d'aménagement territorial, et ce, particulièrement en contexte de Réserve de biosphère de l'UNESCO vouée à la préservation de la biodiversité mais aussi à l'harmonisation des activités anthropiques avec le milieu naturel.

2.2 Une approche géographique pour une perspective globale et intégrée

Afin de procéder à l'analyse du secteur à l'étude, une approche géographique a été privilégiée à travers l'analyse croisée de données de nature variable (statistiques de recensements, cartes, photographies aériennes, rapports géotechniques, revue de presse, visites sur le terrain, témoignages, etc.). Cette approche est apparue d'autant

plus essentielle qu'elle permet de suivre l'évolution dans le temps et l'espace du territoire, de son développement et de son occupation.

2.2.1 Évolution historique du contexte sociodémographique

2.2.1.1 Données de recensement

Les données en provenance de Statistique Canada ainsi que celles de la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM), pour la période de 1961 à 2006, ont été utilisées afin de caractériser l'évolution de la population et les caractéristiques sociodémographiques au cours des dernières décennies pour le secteur à l'étude.

2.2.1.2 Analyse diachronique de photographies aériennes

L'évolution et la délimitation spatiale des différentes zones résidentielles ont été réalisées à partir de l'analyse de photographies aériennes multitudes : 1958, 1966, 1972, 1977, 1984 et 1994. Le choix des années et des lignes de vols a été fait dans la perspective d'obtenir la meilleure représentation des superficies et des périodes significatives de développement résidentiel de la ville de MSH. Une série d'orthophotos datant de 2007 et en provenance de la banque de données de la CMM, a également été utilisée afin d'obtenir une résolution plus fine et pour être en mesure de dresser un portrait plus précis de la région du MSH.

2.2.1.3 Perception citoyenne du développement territorial récent

Les données de la MRC ainsi que celles de la CMM et les mémoires déposés par les citoyens ont été consultés afin d'évaluer la perte de superficie des boisés à l'échelle régionale, mais plus spécifiquement à proximité du MSH, correspondant à la zone tampon entourant la réserve de biosphère. Des discussions avec l'Association des citoyens de Mont-Saint-Hilaire se sont également avérées utiles afin d'obtenir un portrait de la situation actuelle et de connaître leurs opinions sur le développement dit *durable* du territoire entourant le MSH.

2.2.2 Analyse spatiotemporelle de la fragmentation territoriale

Si les données statistiques recueillies au fil des ans renseignent sur les fluctuations quantitatives de la population, elles ne fournissent toutefois pas d'information pertinente sur l'évolution et la répartition spatiale de cette population au sein d'un territoire. Pourtant, la prise en compte de l'aspect spatial est essentielle afin de comprendre le paysage dans la mesure où « la structure actuelle des paysages est la résultante de la dynamique passée » (Burel et Baudry, 1999). Cette prise en compte des échelles spatiotemporelles permet aussi d'avoir une vision prospective du paysage (Burrel et Baudry, 1999; Forman et Godron, 1986).

La fragmentation est généralement décrite comme un processus qui, à l'échelle du paysage, entraîne un morcellement de l'habitat en plus petites parcelles avec des conséquences écologiques notables telles qu'une perte d'habitats, une réduction des populations et de la biodiversité, etc. (Fahrig, 2003; Fisher et Lindenmayer, 2007; Wilcox et Murphy, 1985). Les perturbations anthropiques (agriculture, exploitation forestière, développement domiciliaire, etc.) et, dans une moindre mesure les perturbations naturelles (feux, vents violents, épidémies, etc.), sont les principales

causes de modification du milieu naturel (Garner *et al.*, 1987; Forman, 1995; van Dorp et Opdam, 1987). Par conséquent, de nombreux indices ont été développés au fil du temps afin de mesurer l'évolution et les modifications du paysage (Kim et Pauleit, 2005; Li et Wu, 2004; Moser *et al.*, 2002) permettant ainsi de mieux appréhender un territoire donné quant à la richesse des espèces, les services écologiques et les activités humaines qui le caractérisent.

Bien qu'une multitude d'indices existe, dans le cadre de ce mémoire trois indices distincts mais complémentaires ont été retenus pour leur pertinence, à savoir l'indice de forme (*Shape Index*, SI), la moyenne de l'indice de forme (*Mean Shape Index*, MSI) et la moyenne pondérée de l'indice de forme (*Area Weighted Shape Index*, AWSI).

L'indice de forme *Shape Index* (SI) renseigne sur le niveau d'intervention anthropique sur un territoire. En effet, les activités humaines, telles l'urbanisation et l'agriculture, ont habituellement pour conséquence de produire des parcelles (i.e. dénommées polygones une fois délimités sur la carte) rectilignes aux pourtours plus réguliers et mieux définis (Forman et Godron, 1986; Kim et Pauleit, 2005; Krummel *et al.*, 1987, Turner, 1990). À l'opposé, les parcelles ayant subi une plus faible intervention anthropique ont généralement des formes plus complexes (Moser *et al.*, 2002; Turner, 1990). Ainsi, une parcelle caractérisée par un SI diminuant avec le temps traduit généralement une augmentation de l'influence anthropique (Moser *et al.*, 2002). L'indice de forme SI est calculé de la manière suivante :

$$SI_i = \frac{P_i}{2\sqrt{\pi \times a_i}} \quad (1)$$

où p et a représentent respectivement le périmètre et l'aire du polygone. La racine carrée au dénominateur fait en sorte que le calcul se fait indépendamment de l'échelle (Comber *et al.*, 2003). Le résultat obtenu est de 1, si le polygone est parfaitement circulaire, et cette valeur augmente avec l'irrégularité de la forme du polygone (Forman et Godron, 1986; Moser *et al.*, 2002).

La moyenne de l'indice de forme *Mean Shape Index* (MSI) nous donne la moyenne du SI pour l'ensemble des polygones, ce qui procure une meilleure vue d'ensemble pour une classe donnée (agriculture, boisé, urbain, etc.) (McGarigal et Marks, 1994). La formule du MSI se définit comme suit :

$$MSI = \frac{\sum_{i=1}^m SI_i}{NP} \quad (2)$$

où NP correspond au nombre de polygones pour une classe donnée.

Enfin, l'indice de forme pondéré *Area Weighted mean Shape Index* (AWSI) a aussi été calculé pour minimiser l'importance accordée aux polygones plutôt rectilignes d'origine anthropique avec un grand périmètre et une petite aire (Moser *et al.*, 2002). De plus, l'indice AWSI offre un portrait plus réaliste de l'indice de forme en accordant un poids plus important aux polygones possédant une plus grande superficie (McGarigal et Marks, 1994; Kim et Pauleit, 2005). Cet indice est aussi plus représentatif lorsqu'une classe contient peu de polygones (McGarigal et Marks, 1994). Ce dernier est calculé de la manière suivante :

$$AWSI = \frac{\sum_{i=1}^m SI_i \times a_i}{\sum_{i=1}^m a_i} \quad (3)$$

L'analyse diachronique de la fragmentation du paysage a porté sur le secteur du MSH (fig. 1.1), soit une étendue totalisant 65,74 km² dont la rivière Richelieu et le lac Hertel occupent respectivement 0,9 et 0,3 km². Les différents types d'utilisation du sol répertoriés ont été répartis en six classes : le milieu agricole, les boisés, les vergers, le Mont Saint-Hilaire (Réserve de biosphère), le milieu résidentiel (dénommé ici périurbain) et la classe autre (i.e. voir le tableau 2.1 pour une définition détaillée de chacune des classes). Les polygones ont été délimités à partir de photographies aériennes numérisées, orthorectifiées et géoréférencées pour les années 1958, 1966, 1972, 1977, 1984 et 1994 (tabl. 2.2). Des orthophotos à haute résolution et datant de 2007 ont également été utilisées. Le tableau 2.2 indique le détail des photographies aériennes, des orthophotos ainsi que des cartes topographiques utilisées dans le cadre de cette étude. La numérisation des polygones pour chacune des classes a été réalisée à l'échelle du 1 : 5 000 avec une classification non automatisée afin de diminuer les risques d'erreurs d'interprétation. La numérisation et les calculs des superficies ont été réalisés avec le logiciel QGIS 2.0.

Tableau 2.1
Description du contenu des classes d'occupation du sol utilisé

Classe	Description
Agricole	Terres en culture ou en jachères, ainsi que les maisons et bâtiments de fermes.
Autre	Les terres en friches, les carrières et gravières, et les zones dont l'utilisation est impossible à déterminer.
Boisé	Tous les espaces boisés non rattachés au MSH et couvrant une superficie supérieure à un hectare.
MSH	L'aire centrale boisée et continue du Mont Saint-Hilaire.
Périurbain	Quartiers résidentiels, groupe de résidences, commerces et industries
Verger	Espace dédié à la culture d'arbres fruitiers

Tableau 2.2

Liste des photographies aériennes, orthophotos et cartes topographiques utilisées

Année	No. vol	Numéro	Échelle	Source
Photographies aériennes				
1958	A16289	197 à 199	1 : 32 000	Energy, Mines and Resources Canada. Ottawa: NAPL Reproduction Center
1966	Q66213	49 à 52	1 : 40 000	Ministère des terres et forêts, Service de la photogrammétrie et de la Cartographie. Photo-cartothèque provinciale, Québec.
1972	Q72804	212 à 214	1 : 25 000	Ministère des terres et forêts, Service de la photogrammétrie et de la Cartographie. Photo-cartothèque provinciale, Québec.
1977	Q77894	120 à 123	1 : 40 000	Ministère des terres et forêts, Service de la photogrammétrie et de la Cartographie. Photo-cartothèque provinciale, Québec.
1984	Q84819	31 à 33	1 : 40 000	Ministère de l'Énergie et des Ressources, Service de la cartographie, Québec
1994	Q94500	146 à 148	1 : 40 000	Ministère de l'Énergie et des Ressources, Service de la cartographie, Québec
2007	328-5042 à 5048 330-5044 à 5048 332-5042 à 5048 334-5042 à 5046		orthophotos	Communauté métropolitaine de Montréal (CMM)
Cartes topographiques				
1952	31H11	Inconnu	1 : 50 000	Department of National defence army survey and establishment, Canada
1971	31h/11b	UTM NAD 1927	1: 25 000	Ministère des Mines, de l'Énergie et des Ressources, Canada

2.2.3 Identification, caractérisation et délimitation des zones de contraintes

À partir des orthophotos de 2007, couplées aux données de la Base nationale de données topographiques (BNDT), un modèle numérique d'élévation a été construit à l'aide du logiciel ArcMap 9.3. Cela a permis d'analyser l'inclinaison des versants et

d'estimer avec précision la distance entre le développement domiciliaire près des talus d'éboulis et la zone tampon de la Réserve de biosphère. L'analyse de la zone à risque de chutes de blocs rocheux a été réalisée en intégrant à un système d'information géographique (SIG) les coordonnées de la limite de la zone de sécurité préalablement circonscrite et mentionnée dans le rapport de Tanguay (2003). L'étendue des surfaces non végétalisées a été mesurée et les caractéristiques morphologiques des débris rocheux composant les talus d'éboulis derrière les résidences les plus à risque ont été analysées. Pour ce faire, les trois principaux axes (a : longueur; b : largeur; c : épaisseur) ont été mesurés selon la notation de Krumbein (1941) sur des lots de 50 fragments au sein de neuf quadrats de quatre à neuf mètres carrés. La taille variable des quadrats s'explique par la granulométrie différente des fragments en surface selon leur position sur le versant. Ces mesures ont permis le calcul des rapports largeur/longueur (b/a) et épaisseur/largeur (c/b), lesquels permettent un classement des fragments en catégories de forme (tige, lame, disque et sphère). La représentation graphique de la morphologie des fragments a été réalisée à l'aide du diagramme de Zingg (Briggs, 1977). De plus, les indices morphométriques d'aplatissement I_a (Cailleux et Tricart, 1959) et de sphéricité I_s (Krumbein, 1941) ont été calculés de la façon suivante :

$$I_a = [(a + b) / 2c] \quad (4)$$

$$I_s = \sqrt[3]{(bc/a^2)} \quad (5)$$

Les résultats obtenus ont ensuite été comparés à l'aide de diagrammes bivariés afin de faire ressortir, le cas échéant, les disparités morphologiques existantes entre les différents groupes d'échantillons (Briggs, 1977).

CHAPITRE III

RÉSULTATS

3.1 L'humanisation du territoire de Mont-Saint-Hilaire

3.1.1 L'évolution de la population

Les données issues des statistiques des différents recensements révèlent une augmentation considérable de la population de la ville de MSH au cours des 50 dernières années, correspondant à une croissance de plus de 435 %. Le nombre d'habitants est effectivement passé de 4 007 en 1961 à plus de 17 414 en 2010. De 1961 à 2006, la ville de MSH a toujours affiché une croissance supérieure à celle de la CMM ainsi qu'à l'ensemble du Québec. C'est la décennie 1971-81 qui a enregistré la plus forte croissance avec l'ajout de 4 306 nouveaux résidents, ce qui représente une hausse de 74,8 % en 10 ans. Pour la même période, la CMM et l'ensemble du Québec ont enregistré des augmentations respectives de 39 et 9,3 %. Ces écarts de croissance avec la CMM (35,8 %) et le reste de la province (65,5 %), pour la période de 1971 à 1981, se sont toutefois considérablement réduits par la suite. Néanmoins, la population de MSH continue de croître à un rythme soutenu avec l'ajout de 1 694 (+10,8 %) nouveaux résidents au cours des quatre dernières années. Les estimations à court et moyen terme (e.g. horizon 2021) prévoient une hausse de la population pour

la municipalité de MSH, laquelle devrait avoir la plus forte croissance parmi les 13 municipalités qui composent la MRC de La Vallée-du-Richelieu.

Tableau 3.1
Caractéristiques démographiques de la ville de Mont-Saint-Hilaire
pour la période 1961-2010

Année	Population	Augmentation (habitants)	Augmentation (%)	Densité (hab./km ²)
1961	4 007			90,5
1966	4 807	800	20,0	
1971	5 760	953	19,8	130,0
1976	7 750	1 990	34,5	
1981	10 066	2 316	29,9	227,3
1986	10 588	522	9,9	
1991	12 341	1 753	16,6	278,6
1996	13 064	723	5,9	
2001	14 270	1 206	9,2	322,2
2006	15 720	1 450	10,2	354,9
2010	17 414	1 694	10,8	393,2
1961-2010		13 407	435	

Sources: Ville de Mont-Saint-Hilaire, 2011; CMM, 2011 et Statistiques Canada, 2011.

Cette croissance de la population se traduit aussi par une augmentation notable de la densité d'occupation du territoire. Le territoire de MSH a une superficie de 44,29 km² (Statistique Canada, 2007). La densité de population est passée de 90 hab./km² en 1961 à plus de 393 hab./km² en 2010 (CMM, 2011). En 2006, on dénombrait 6 164 logements privés³ à MSH (Statistique Canada, 2007). Pour la période 1961-2010, la décennie 1971-81 est celle qui compte le plus de nouvelles constructions, correspondant ainsi à une hausse significative de la population comme il a été

³ Selon Statistique Canada (2011), un logement privé est : «Un ensemble distinct de pièces d'habitation, ayant une entrée privée donnant sur l'extérieur ou sur un corridor, un hall, un vestibule ou un escalier commun à l'extérieur, occupé de façon permanente par une personne ou un groupe de personnes».

mentionné précédemment. Notons qu'en seulement cinq ans, soit de 2001 à 2006, on dénombre 795 nouveaux logements privés sur le territoire de la ville.

3.1.2 L'extension spatiale du cadre bâti

Cet accroissement significatif de la population se traduit d'ailleurs par une urbanisation soutenue dont l'extension spatiale progresse sur le piedmont du MSH (fig. 3.1). Des 44,29 km² de superficie que compte la ville de MSH, 12,8 km² sont dédiés à l'urbanisation (MRC, 2006). La zone urbaine est située sur le côté nord, ouest et sud-ouest de la colline. Cette zone est construite à 87 % (~11,14 km²) ne laissant que 13 % (~1,66 km²) d'espaces résiduels dits vacants⁴ et dédiés à l'urbanisation (fig. 3.2). Toutefois, certaines contraintes naturelles (i.e. fortes pentes, risque de glissements de terrain) font en sorte de retrancher un peu plus d'un kilomètre carré aux espaces vacants disponibles pour le développement. Ce qui ne laisse approximativement que 0,66 km² pouvant être développé sans contrainte réelle (MRC, 2006).

⁴ Est considéré comme espaces résiduels tout espace de plus de 10 000 mètres carrés (0,01 km²).

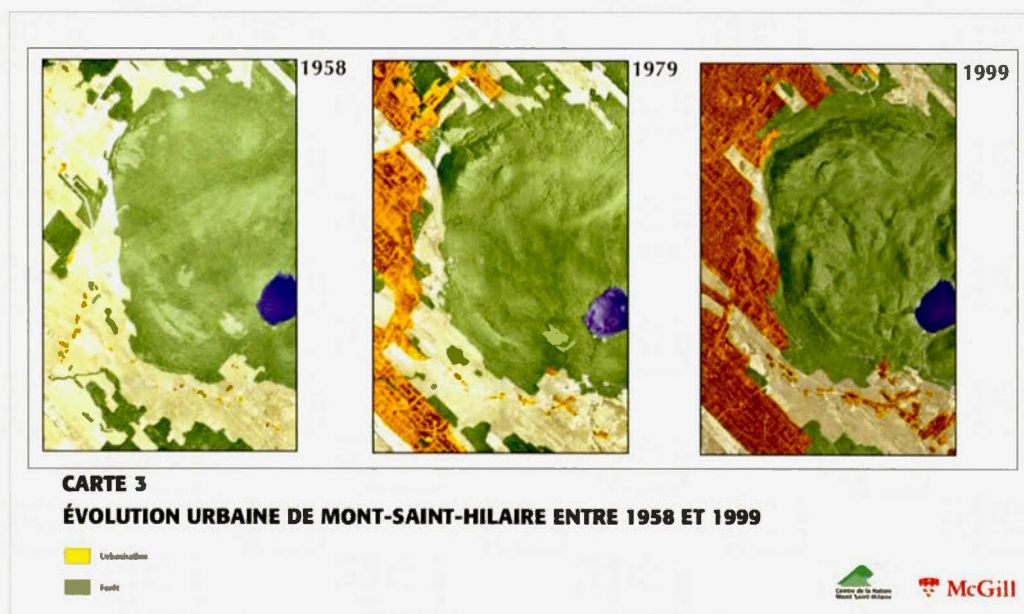


Figure 3.1. Progression du développement résidentiel sur le piedmont du Mont Saint-Hilaire entre 1958, 1979 et 1999. (Centre de la Nature du Mont Saint-Hilaire, 2007).

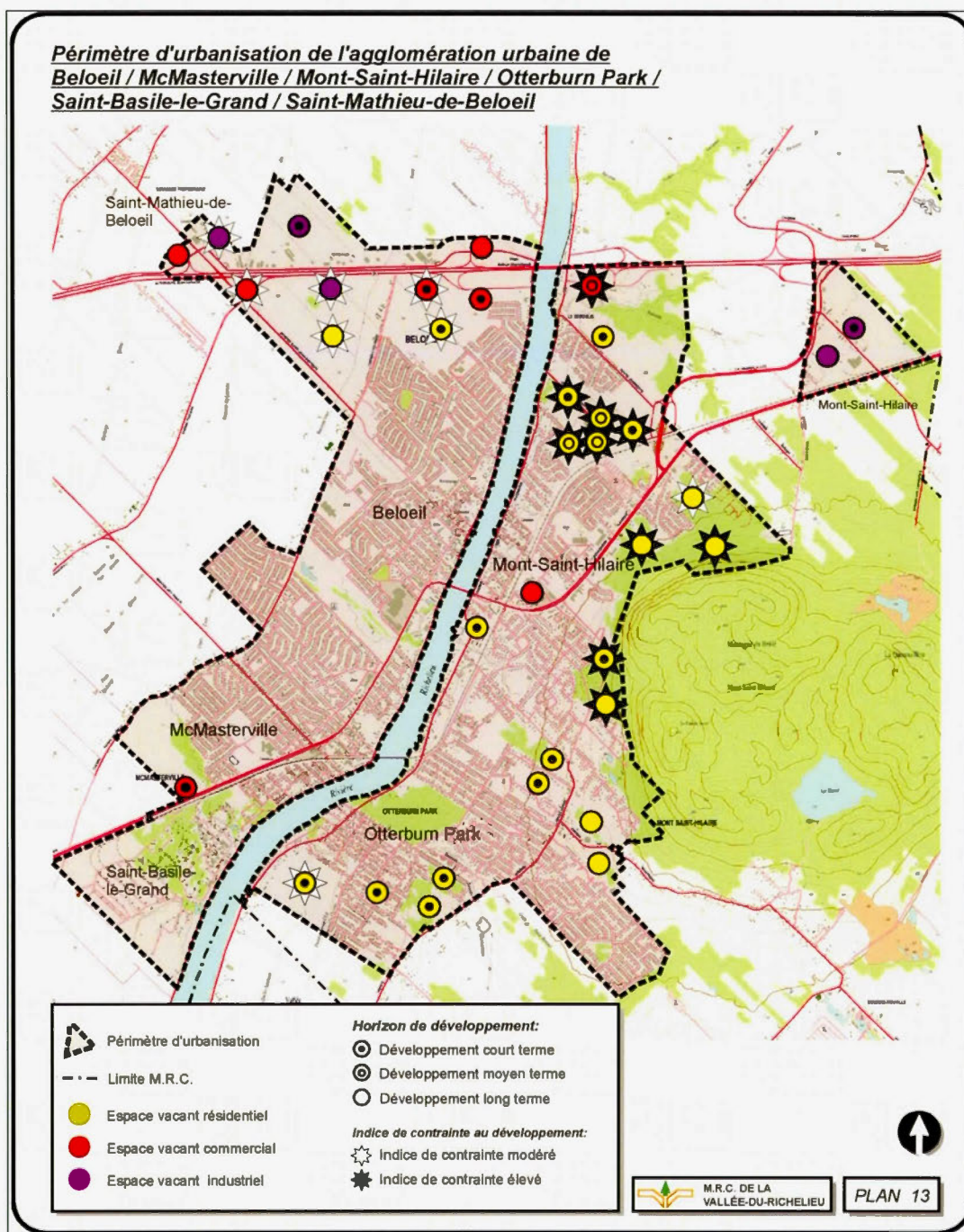


Figure 3.2. Limite du périmètre d'urbanisation et espaces résiduels (Modifié d'après le schéma d'aménagement de la MRC de La Vallée-du-Richelieu, 2006).

La figure 3.3 montre l'évolution de l'urbanisation à MSH pour les périodes suivantes : avant 1958, 1959-1965, 1966-1971, 1972-1976, 1977-1983, 1984-1993 et 1994-2007. Avant 1958, le développement domiciliaire est surtout concentré près de la rivière Richelieu et le long du chemin de la Montagne du côté sud du MSH. Entre 1958 et 1966, trois secteurs résidentiels sont implantés dont deux situés plus près de la colline. Par la suite, de 1967 à 1971, on remarque la construction de résidences en périphérie des zones déjà construites et l'implantation au sud-ouest du MSH d'un développement résidentiel à la limite d'Otterburn Park. La zone teintée de rouge indique les années 1972 à 1977. Celles-ci marquent le début de la forte croissance démographique de la ville. La superficie du développement au sud-ouest de la colline a considérablement augmenté. On note aussi l'émergence de quartiers situés beaucoup plus près des flancs ouest et nord-ouest de la colline. La période 1977-1983 montre la croissance autour de certains quartiers déjà existants. On remarque la construction des résidences du côté sud-ouest à moins de 500 mètres de la Réserve de la biosphère. Toujours du côté sud-ouest, pour la période 1984-1993, on note l'implantation d'un quartier à la limite de la Réserve de biosphère. Enfin, de 1994 à 2007, le développement s'est effectué du côté nord-ouest à proximité des zones à fortes pentes et à risque d'éboulis. La vaste zone au nord-ouest correspond au quartier de la Gare.

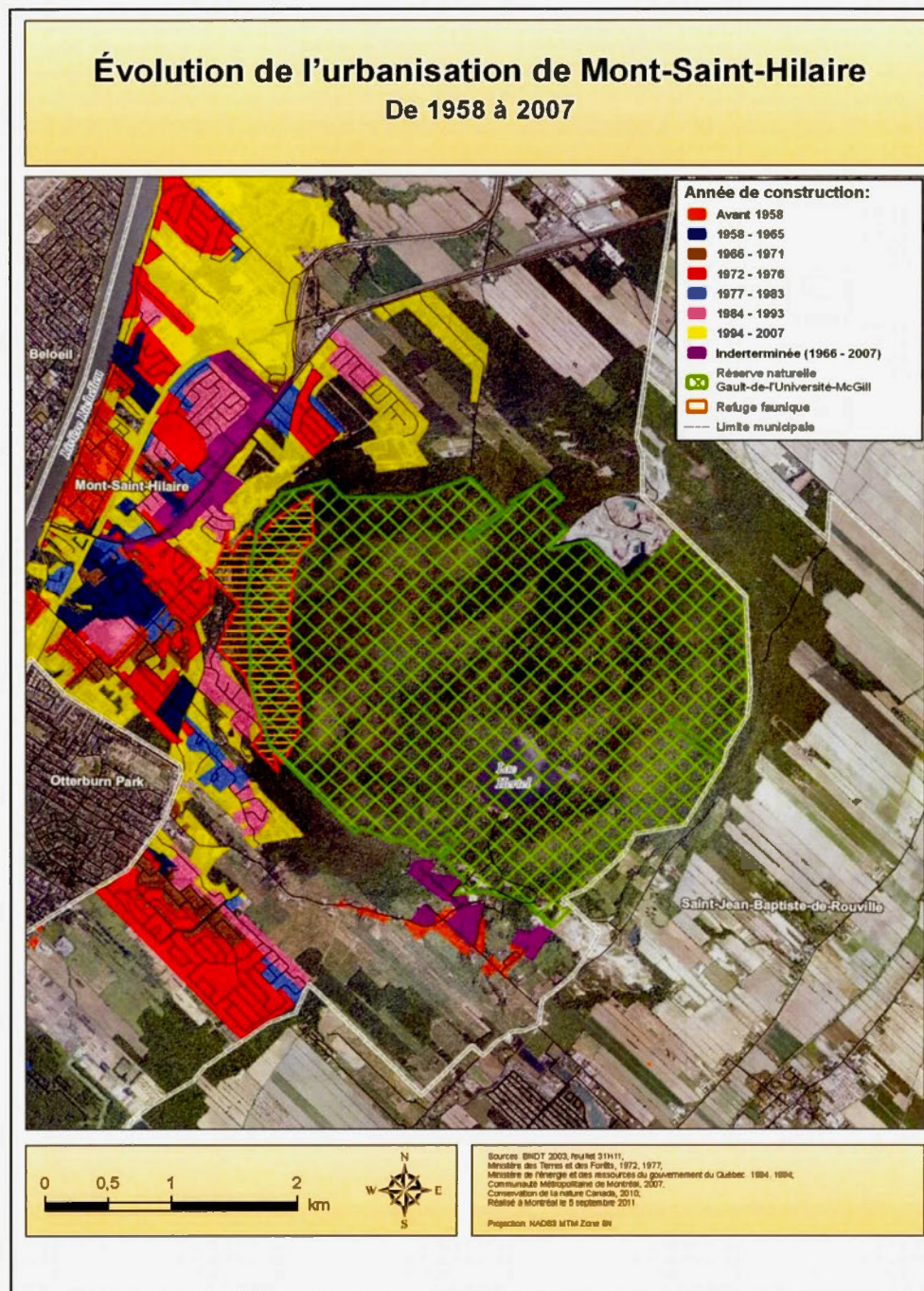


Figure 3.3. Cartographie de l'évolution spatiotemporelle de l'urbanisation à Mont-Saint-Hilaire pour la période de 1958 à 2007.

3.2 Évolution historique de la fragmentation du milieu naturel

3.2.1 Perspective générale

Entre 1761 et 1993, le couvert forestier s'est considérablement fragmenté et sa superficie totale a diminué de 75 % dans la région (fig. 3.4) (CNMSH, 2010; UNESCO, 2009a). À l'échelle de la MRC, la superficie boisée occupe un peu moins 18 % du territoire (Millien, 2003; Québec, 2005). On estime qu'un minimum de 30 % de couvert forestier est nécessaire afin d'assurer la bonne santé et la pérennité de la biodiversité (Comité de planification du périmètre de la montagne, 2004a; Québec, 2005). Les principales causes avancées pour expliquer le déboisement sont le développement domiciliaire et l'augmentation de l'agriculture (CNMSH, 2010; Comité de planification du périmètre de la montagne, 2004b; Millien, 2003; Québec, 2005). Le MSH est devenu en quelque sorte une île de forêt au centre d'une mer de développement domiciliaire et d'agriculture (Millien, 2003).

Actuellement, la ville de MSH possède un peu plus de 36 % de la superficie boisée de la MRC de La Vallée-du-Richelieu (Millien, 2003). À l'échelle locale, la forêt qui recouvre le piedmont et le pourtour du MSH a une valeur importante puisqu'elle joue le rôle de zone tampon entre le milieu urbain et la zone de conservation centrale de la Réserve de biosphère (Comité de planification du périmètre de la montagne, 2004a).

La Réserve Gault, qui constitue l'aire de protection, contient 2,12 km² de forêts anciennes. Ces forêts renferment des érables qui ont plus de 400 ans. Cet écosystème forestier exceptionnel est probablement le seul de la région. Le piedmont et la Réserve contiennent aussi des forêts rares (1,18 km²) – telle l'érablière à caryer cordiforme – et des forêts refuges (4,9 km²) composées d'espèces menacées ou

vulnérables (Comité de planification du périmètre de la montagne, 2004a; McGill, 2011).

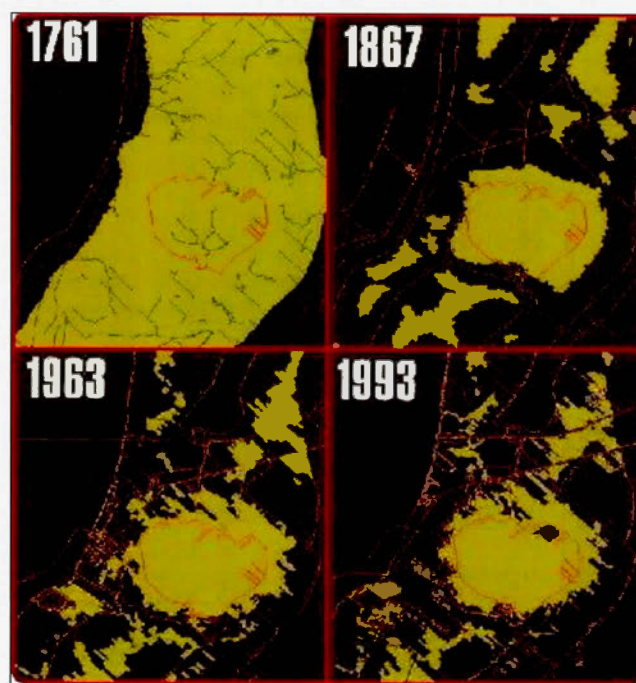


Figure 3.4 Diminution du couvert forestier dans la région du Mont Saint-Hilaire entre 1761 et 1993 (McGill, 2008).

En 2009, le couvert forestier de la ville occupait 18,12 km² soit un peu plus de 40 % du territoire (CMM, 2011; Québec, 2005). De ce nombre, 10 km² sont protégés puisqu'ils sont situés sur le territoire de la Réserve Gault (McGill, 2011). Un autre six km² de boisé, non protégé cette fois, occupe le piedmont du MSH (CNMSH, 2011). Au total, l'aire centrale de conservation et la zone tampon, non protégée, détiennent plus de 88 % de la superficie boisée de la ville.

3.2.2 Évolution spatiotemporelle de la fragmentation territoriale de 1958 à 2007

À une échelle plus fine, l'analyse diachronique de la fragmentation du paysage pour la période allant de 1958 à 2007, à travers l'utilisation de l'indice de forme (SI), la moyenne de l'indice de forme (MSI) et la moyenne pondérée de l'indice de forme (AWSI), a permis de mieux saisir la nature des changements, dans le temps et l'espace, quant à l'utilisation du sol au MSH et ses environs. Il convient de rappeler ici que les analyses ont porté sur un territoire d'une superficie de 65,74 km² dont la rivière Richelieu et le lac Hertel occupent respectivement 0,9 et 0,3 km². Le tableau 3.2 ci-dessous présente l'état de la situation en 1958 et 2007, ainsi que les changements survenus entre ces années.

Tableau 3.2
Variation de l'utilisation du sol pour la période allant de 1958 à 2007.

Utilisation du sol	Années	Proportion (%)	Nb. polygones	Aire totale (km ²)	Périmètre total (km ²)	SI	MSI	AWSI
Agricole	1958	45,79	8	29,55	106,72	19,19	2,39	3,78
	2007	31,77	16	20,50	96,61	28,55	1,78	3,23
		-14,02	8	-9,05	-10,11	11,00	-0,61	-0,55
Autres	1958	2,23	9	1,44	21,50	16,02	1,78	1,84
	2007	2,96	18	1,91	29,52	29,14	1,62	1,83
		0,76	9	0,47	8,02	13,12	-0,16	-0,01
Boisé	1958	11,06	20	7,14	74,20	38,49	1,92	2,52
	2007	8,01	24	5,17	66,69	43,07	1,79	2,37
		-3,05	4	-1,97	-7,51	4,58	-0,13	-0,15
MSH	1958	24,86	1	16,04	40,73	2,87	2,87	2,87
	2007	24,25	1	15,65	38,26	2,73	2,73	2,73
		-0,61	0	-0,39	-2,47	-0,14	-0,14	-0,14
Périurbain	1958	5,27	4	3,40	40,71	10,52	2,63	5,01
	2007	29,26	15	18,88	90,35	28,26	1,77	4,09
		23,99	11	15,48	49,64	17,74	-0,86	-0,92
Verger	1958	10,80	26	6,97	79,65	46,11	1,77	2,72
	2007	3,75	20	2,42	30,56	30,68	1,53	1,78
		7,05	-6	-4,55	-49,09	-15,43	-0,24	-0,94

Au cours de cette période, la superficie totale dédiée à l'agriculture a diminué de 9,05 km² (-30,62 %) (tabl. 3.2 et fig. 3.5). Le nombre total de polygones est passé de

8 à 16, avec une superficie moyenne réduite de $2,41 \text{ km}^2$ (-65 %) passant de $3,69 \text{ km}^2$ à $1,28 \text{ km}^2$. La période 1994-2007 est celle où l'on enregistre la plus grande perte de superficie agricole, soit $-4,24 \text{ km}^2$ (-17,14 %) (fig. 3.5). Les tableaux 3.3 à 3.6 présentent les détails relatifs à chacune des périodes, c'est-à-dire 1958-1972, 1972-1984, 1984-1994 et 1994-2007. À noter que pour l'ensemble de la période considérée le MSI (-0,61) et le AWSI (-0,55) ont tous deux diminué (tabl. 3.2).

Entre 1958 et 2007, le nombre de polygones reliés à la classe autre a doublé, passant de 9 à 18 (tabl. 3.2). La superficie de cette catégorie d'utilisation du sol s'est accrue de $0,47 \text{ km}^2$ (+32,64 %) mais la taille moyenne des polygones est demeurée pratiquement inchangée ($-0,05 \text{ km}^2$) (fig. 3.5). En revanche, on remarque une grande fluctuation pour les périodes de 1958 à 1972 (+65,28 %), de 1972 à 1984 (-50,42 %) et de 1984 à 1994 (+44,52 %) (tabl. 3.3 à 3.5). Le MSI a très légèrement diminué (-0,16) alors que le AWSI est demeuré stable pour l'ensemble de la période (-0,01) (tabl. 3.2).

Au niveau des boisés, les polygones sont passés de 20 à 24 et leur superficie moyenne a légèrement diminué entre 1958 et 2007 ($-0,14 \text{ km}^2$; tabl. 3.2, 3.3 et 3.6). Parallèlement à cette diminution de la taille des polygones, on note aussi une perte de $1,97 \text{ km}^2$ (-27,59 %) au niveau de l'extension spatiale à l'échelle de la zone à l'étude (fig. 3.5). Cette diminution des espaces boisés semble avoir été constante au cours des périodes suivantes; 1958-1972 (-12,61 %), 1972-1984 (-9,46 %), 1984-1994 (-9,20 %), pour finalement se stabiliser par la suite (0,78 % pour la période 1994-2007) (tabl. 3.3 à 3.6). Le MSI (-0,13) et le AWSI (-0,15) ont diminué.

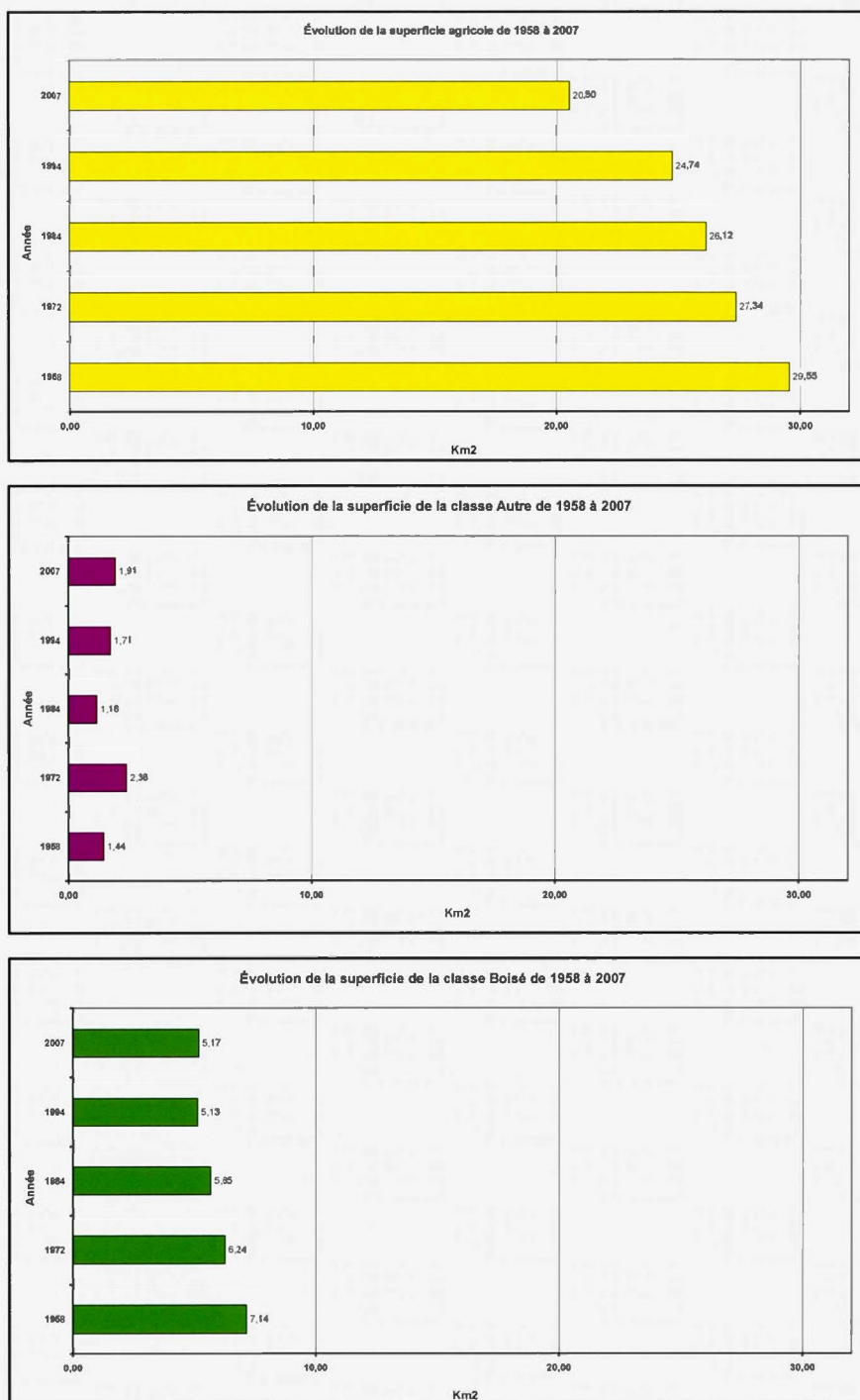


Figure 3.5. Variation spatiale (km^2) de l'utilisation du sol pour les classes Agricoles, Autre et Boisé en 1958, 1972, 1984, 1994 et 2007.

En ce qui concerne le MSH, constitué d'un polygone unique, on enregistre une faible diminution de la superficie de l'ordre de $1,01 \text{ km}^2$ (-6,30 %) entre 1958 et 2007 (tabl. 3.2 et fig. 3.6). On remarque toutefois de très légères hausses entre 1972 et 1984 (+1,56 %; tabl. 3.4) de même qu'entre 1984 et 1994 (+3,63 %; tabl. 3.5). Une baisse significative (-10,80 %) caractérise cependant la période récente de 1994 à 2007 (tabl. 3.6). Compte tenu que le MSH est caractérisé par un seul polygone, on note une diminution équivalente (-0,14) pour chacun des indices calculés sur l'ensemble de la période considérée.

Au niveau du milieu périurbain, correspondant pour l'essentiel à des développements domiciliaires, le nombre de polygones est passé de 4 à 15 sur l'ensemble de la période (tabl. 3.2). La superficie totale de cette classe a plus que quintuplé en moins de 50 ans, passant de $3,40 \text{ km}^2$ en 1958 à $18,88 \text{ km}^2$ en 2007, correspondant à une augmentation de $+15,48 \text{ km}^2$ (+455,29 %) (fig. 3.6). L'analyse diachronique a révélé une forte augmentation pour la période 1958-1972 (+106,47 %; tabl. 3.3) par comparaison à la période 1984-1994 (+23,32 %; tabl. 3.6). La taille moyenne des polygones a elle aussi augmenté passant de 0,85 à $1,11 \text{ km}^2$. Le MSI (-0,86) et le AWSI (-0,92) ont tous deux diminué entre 1958 et 2007.

Les vergers représentent la seule classe dont le nombre de polygones a diminué, soit de 26 à 20 (tabl. 3.2). La superficie moyenne des polygones est passée de 6,97 à $2,42 \text{ km}^2$ (-65,28 %) (tabl. 3.2). La perte la plus significative s'est produite entre 1984 et 1994 (-44,53 %) (fig. 3.6 et tabl. 3.5). En revanche, on note une augmentation (+11,01 %) de 1994 à 2007 (tabl. 3.6). Quant aux indices de fragmentation du paysage, le MSI et le AWSI ont tous deux diminué respectivement de -0,24 (1,77 à 1,53) et de -0,94 (2,72 à 1,78) (tabl. 3.2).

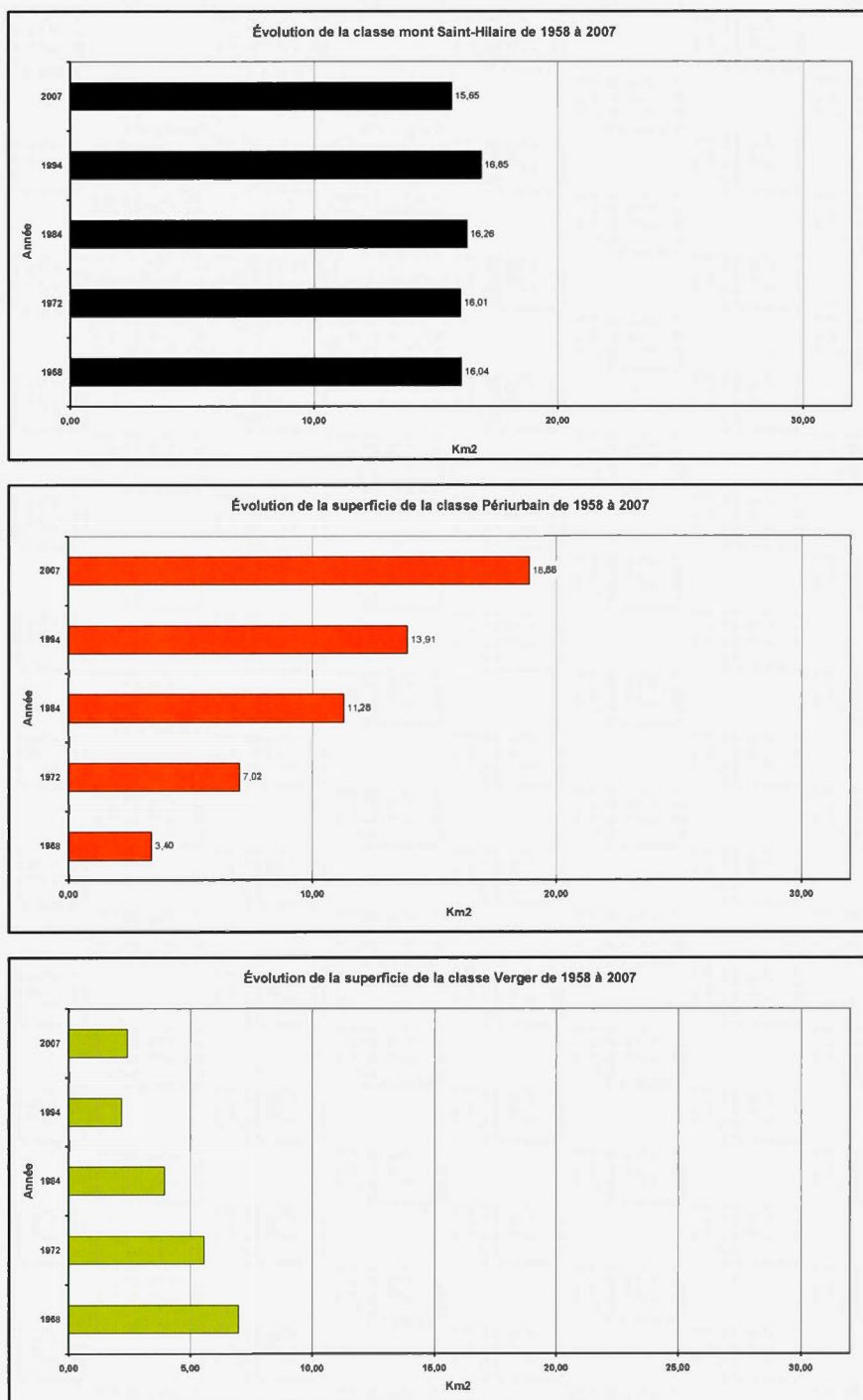


Figure 3.6. Variation spatiale (km²) de l'utilisation du sol pour le Mont Saint-Hilaire, le milieu périurbain et les vergers en 1958, 1972, 1984, 1994 et 2007.

À noter que toutes les informations mentionnées ci-dessus sont issues d'une analyse spatiale à haute résolution effectuée pour les années 1958, 1972, 1984, 1994 et 2007. La cartographie réalisée pour chacune de ces périodes est présentée aux figures 3.7 et 3.8.

Tableau 3.3
Variation de l'utilisation du sol pour la période 1958 à 1972.

Utilisation du sol	Années	Proportion (%)	Nb. polygones	Aire totale (km ²)	Superficie polygones (km ²)	SI	MSI	AWSI
Agricole	1958	45,79	8	29,55	3,69	19,19	2,39	3,78
	1972	42,37	8	27,34	6,84	17,66	2,21	3,86
		-3,42	0	-2,21	3,15	1,53	-0,18	0,08
Autres	1958	2,23	9	1,44	0,16	16,02	1,78	1,84
	1972	3,69	13	2,38	0,60	21,56	1,66	1,83
		1,46	4	0,94	0,44	5,54	-0,12	-0,01
Boisé	1958	11,06	20	7,14	0,36	38,49	1,92	2,52
	1972	9,67	21	6,24	0,30	37,27	1,78	2,10
		-1,39	1	-0,90	-0,06	-1,22	-0,14	-0,42
MSH	1958	24,86	1	16,04	16,04	2,87	2,87	2,87
	1972	24,81	1	16,01	16,01	2,90	2,90	2,90
		-0,05	0	-0,03	-0,03	0,03	0,03	0,03
Périurbain	1958	5,27	4	3,40	0,85	10,52	2,63	5,01
	1972	10,88	14	7,02	0,50	24,34	1,74	4,46
		5,61	10	3,62	-0,35	13,82	-0,89	-0,55
Verger	1958	10,80	26	6,97	0,27	46,11	1,77	2,72
	1972	8,60	29	5,55	0,19	52,32	1,80	2,68
		2,20	3	-1,42	-0,08	6,21	0,03	-0,04

Tableau 3.4
Variation de l'utilisation du sol pour la période 1972 à 1984.

Utilisation du sol	Années	Proportion (%)	Nb. polygones	Aire totale (km ²)	Superficie polygones (km ²)	SI	MSI	AWSI
Agricole	1972	42,37	8	27,34	6,84	17,66	2,21	3,86
	1984	40,48	10	26,12	2,61	20,67	2,07	3,36
		-1,89	2	-1,22	-4,23	3,01	-0,14	-0,50
Autres	1972	3,69	13	2,38	0,60	21,56	1,66	1,83
	1984	1,83	5	1,18	0,24	9,50	1,90	1,91
		-1,86	-8	-1,20	-0,36	12,06	0,24	0,08
Boisé	1972	9,67	21	6,24	0,30	37,27	1,78	2,10
	1984	8,76	25	5,65	0,76	43,18	1,73	2,12
		-0,91	4	-0,59	0,46	5,91	-0,05	0,02
MSH	1972	24,81	1	16,01	16,01	2,90	2,90	2,90
	1984	25,20	1	16,26	16,26	2,69	2,69	2,69
		0,39	0	0,25	0,25	-0,21	-0,21	-0,21
Périurbain	1972	10,88	14	7,02	0,50	24,34	1,74	4,46
	1984	17,48	13	11,28	0,87	40,89	3,15	3,24
		6,60	-1	4,26	0,37	16,55	1,41	-1,22
Verger	1972	8,60	29	5,55	0,19	52,32	1,80	2,68
	1984	6,09	26	3,93	0,19	41,86	1,61	2,03
		-2,51	-3	-1,62	-0,04	10,46	-0,19	-0,65

Tableau 3.5
Variation de l'utilisation du sol pour la période 1984 à 1994.

Utilisation du sol	Années	Proportion (%)	Nb. polygones	Aire totale (km ²)	Superficie polygones (km ²)	SI	MSI	AWSI
Agricole	1984	40,48	10	26,12	2,61	20,67	2,07	3,36
	1994	38,34	12	24,74	2,06	22,78	1,90	2,73
		-2,14	2	-1,38	-0,55	2,11	-0,17	-0,63
Autres	1984	1,83	5	1,18	0,24	9,50	1,90	1,91
	1994	2,65	18	1,71	0,10	30,83	1,71	1,75
		0,82	13	0,53	-0,14	21,33	-0,19	-0,16
Boisé	1984	8,76	25	5,65	0,76	43,18	1,73	2,12
	1994	7,95	29	5,13	0,18	48,27	1,66	2,61
		-0,81	4	-0,52	-0,58	5,09	-0,07	0,49
MSH	1984	25,20	1	16,26	16,26	2,69	2,69	2,69
	1994	26,11	1	16,85	16,85	2,39	2,39	2,39
		0,91	0	0,59	0,59	-0,30	-0,30	-0,30
Périurbain	1984	17,48	13	11,28	0,87	40,89	3,15	3,24
	1994	21,56	14	13,91	0,99	25,74	1,84	3,70
		4,08	1	2,63	0,12	15,15	-1,31	0,46
Verger	1984	6,09	26	3,93	0,15	41,86	1,61	2,03
	1994	3,38	19	2,18	0,11	28,54	1,50	1,92
		-2,71	-7	-1,75	-0,04	13,32	-0,11	-0,11

Tableau 3.6

Variation de l'utilisation du sol pour la période 1994 à 2007.

Utilisation du sol	Années	Proportion (%)	Nb. polygones	Aire totale (km ²)	Superficie polygones (km ²)	SI	MSI	AWSI
Agricole	1994	38,34	12	24,74	2,06	22,78	1,90	2,73
	2007	31,77	16	20,50	1,28	28,55	1,78	3,23
		-6,57	4	-4,24	-0,78	5,77	-0,12	0,50
Autres	1994	2,65	18	1,71	0,10	30,83	1,71	1,75
	2007	2,96	18	1,91	0,11	29,14	1,62	1,83
		0,31	0	0,20	0,01	-1,69	-0,09	0,08
Boisé	1994	7,95	29	5,13	0,18	48,27	1,66	2,61
	2007	8,01	24	5,17	0,22	43,07	1,79	2,37
		0,06	-5	0,04	0,04	-5,20	0,13	-0,24
MSH	1994	26,11	1	16,85	16,85	2,39	2,39	2,39
	2007	24,25	1	15,65	15,65	2,73	2,73	2,73
		-1,86	0	-1,20	-1,20	0,34	0,34	0,34
Périurbain	1994	21,56	14	13,91	0,99	25,74	1,84	3,70
	2007	29,26	15	18,88	1,18	28,26	1,77	4,09
		7,7	1	4,97	0,19	2,52	-0,07	0,39
Verger	1994	3,38	19	2,18	0,11	28,54	1,50	1,92
	2007	3,75	20	2,42	0,12	30,68	1,53	1,78
		0,37	1	0,24	0,01	2,14	0,03	-0,14

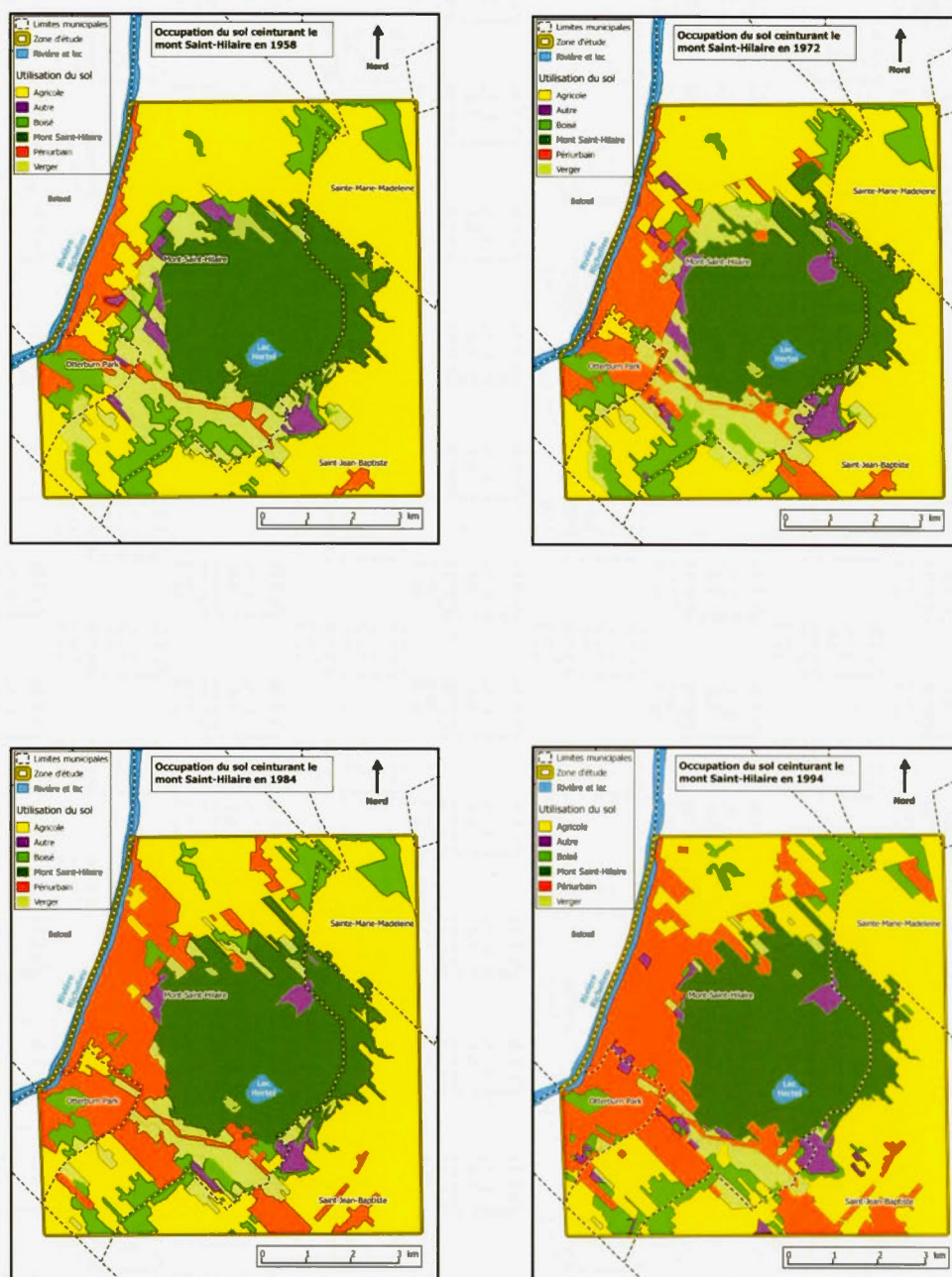


Figure 3.7. Cartographie de l'occupation du sol en 1958, 1972, 1984 et 1994.

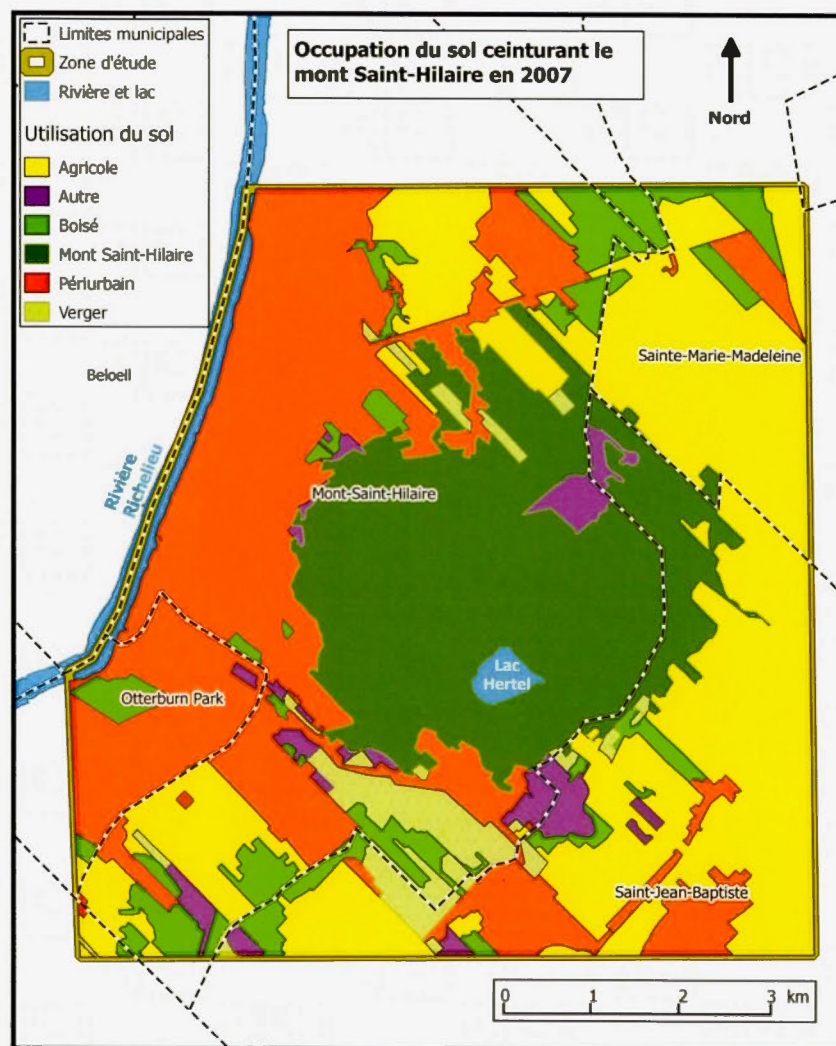


Figure 3.8. Cartographie de l'occupation du sol en 2007.

3.3 Zones de contraintes et risques associés

Outre le fait que le développement domiciliaire soit à proximité de la Réserve de biosphère et qu'il réduise la quantité possible de boisés sur le piedmont, plusieurs de ces résidences sont, en plus, situées à proximité des zones à fortes pentes et à risque d'éboulis (fig. 3.9 et 3.10). En effet, les versants nord et ouest du MSH comportent

des talus d'éboulis. Ces amas de débris rocheux ont été mis en place lors d'éboulements. Ce type de mouvement gravitaire peut constituer un risque lorsqu'il se produit à proximité de zones habitées.

L'étude de photographies aériennes couplée à l'analyse d'une carte topographique (31H11) et des visites répétées sur le terrain ont permis de déterminer que les talus d'éboulis se situent majoritairement entre 110 et 190 mètres d'altitude. Ces talus sont généralement situés à la base de falaises rocheuses d'une hauteur approximative de 10 à 20 mètres. En revanche, la falaise Dieppe située sur le versant ouest du MSH est beaucoup plus imposante. L'escarpement rocheux, incliné à plus de 70° , est subdivisé en trois sections distinctes, mais coalescentes. La section centrale (dalle rouge) fait plus de 60 mètres de hauteur. Les sections latérales (dalle noire et dalle verte) font une trentaine de mètres de hauteur (Lambert, 2007). Une partie de la Tour rouge a d'ailleurs été dynamitée en 1981 afin de provoquer la chute d'un très gros bloc rocheux dans une position précaire (Tanguay, 1991). La figure 3.10 montre le profil de la pente (B) dans ce secteur. La distance entre le sommet, à 367 mètres d'altitude, et les premières résidences, situées à 80 mètres d'altitude, est de 425 mètres pour une inclinaison moyenne de 34° .

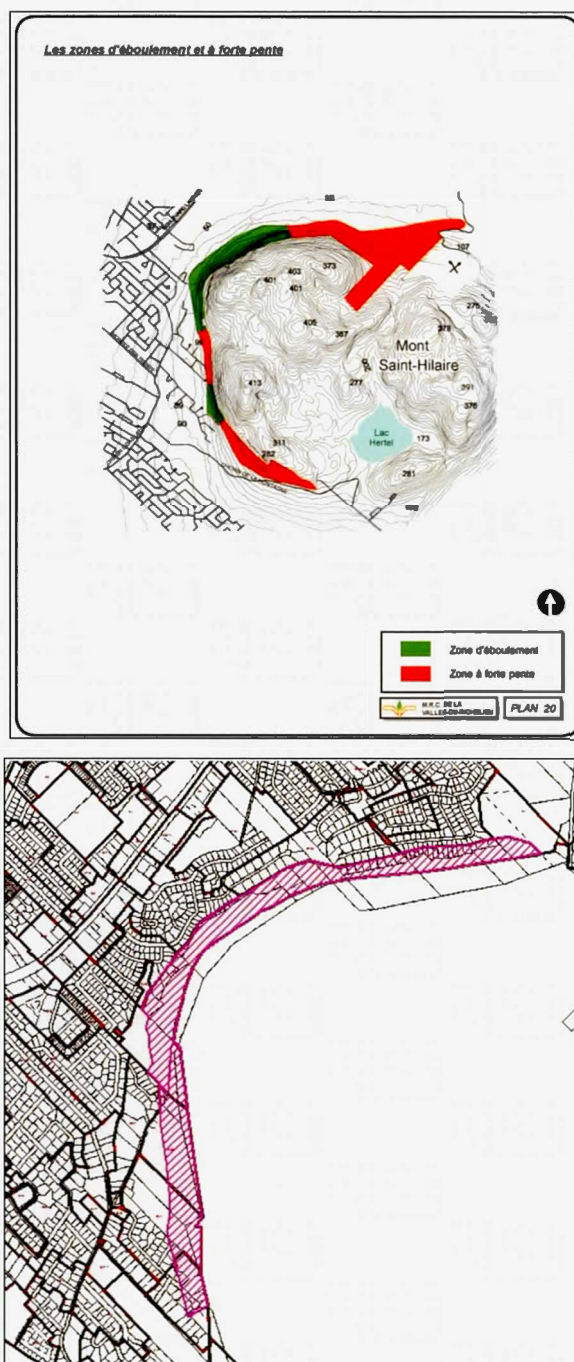


Figure 3.9. Secteurs à fortes pentes et éboulements potentiels du Mont Saint-Hilaire. Délimitation de la zone à risque pour les chutes de pierres (Ville de Mont-Saint-Hilaire, 2011; Schéma d'aménagement de la MRC de La Vallée-du-Richelieu, 2005).

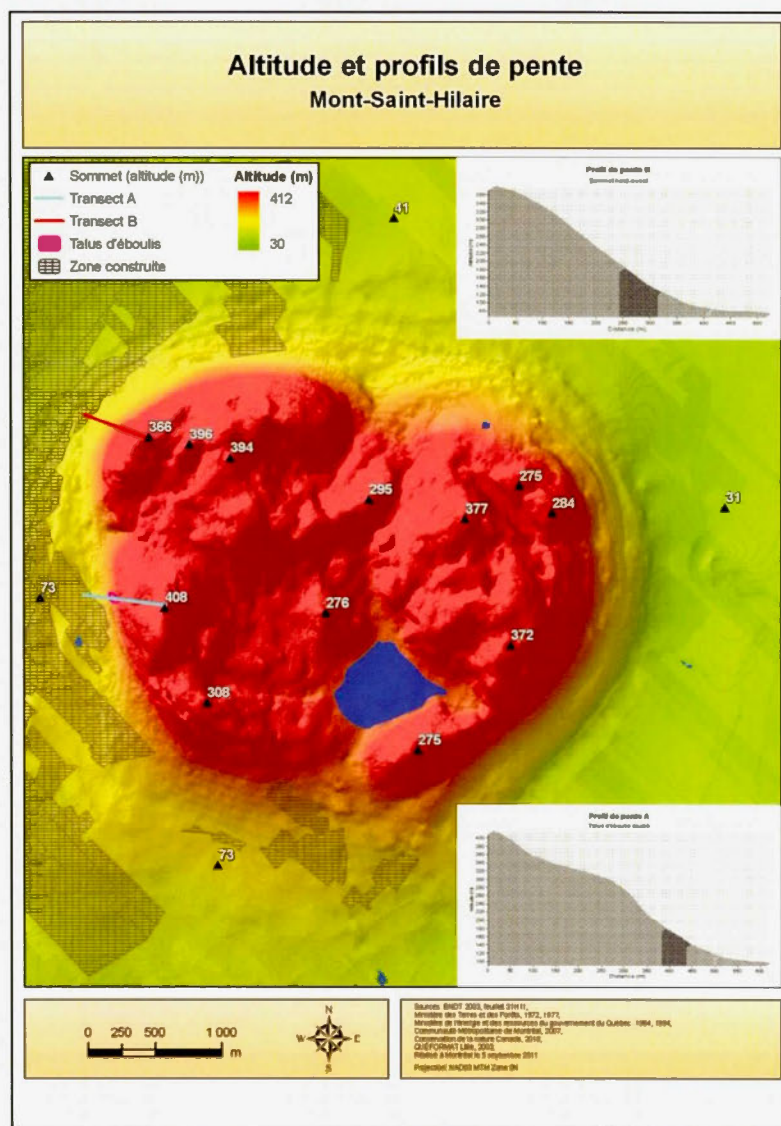


Figure 3.10. Modèle d'élévation du Mont Saint-Hilaire et profils de pentes.

Depuis une trentaine d'années, plusieurs rapports scientifiques et géotechniques ont été réalisés concernant le risque d'éboulement rocheux et les solutions de mitigation (Udd, 1979; Peckover, 1980; Durville, 1980; Sinh *et al.*, 1980a, b; Ballivy, 1990; Vallée, 1990; Tanguay, 1990, 1991, 1997 et 2003). La majorité des rapports fait mention de talus d'ébouils actifs, mais aussi qu'il est quasi impossible de déterminer

avec précision l'occurrence, la fréquence et l'intensité des chutes de blocs. Suite à diverses recommandations, des aménagements de protection ont été construits afin de protéger les résidences situées en contrebas des talus. En 1980, l'étude de Durville mentionne deux secteurs particulièrement à risque, soit le secteur du Foyer Savoy et l'extrémité de la rue Cardinal.

Des aménagements visant à protéger le Foyer Savoy contre la chute de roches ont été réalisés dans les années 1980⁵ (Tanguay, 1997). Au cours de la décennie suivante, une tranchée a été creusée afin de protéger les futures résidences situées au pied de la falaise Dieppe, c'est-à-dire sur les rues des Falaises, de la Grotte et des Fées. À l'époque du rapport Durville (1980), une seule maison était située dans la zone à risque au long de la rue Cardinal, mais la très faible probabilité qu'une pierre atteigne la maison a fait en sorte que la situation n'a nécessité aucune mesure de mitigation.

Moins d'une vingtaine d'années plus tard, deux nouvelles résidences ont été construites en 1988 et 1994 et le périmètre de sécurité a été élargi (fig. 3.11) (Ville de Mont-Saint-Hilaire, 1991). Au total, six maisons sont maintenant situées à l'intérieur du périmètre à risque⁶ (fig. 3.12). Le rapport de Tanguay (2003) affirme « qu'il n'est pas possible de garantir la sécurité de ce secteur sans réaliser des travaux de stabilisation ». De plus, Tanguay (2003) identifie un autre secteur à risque situé légèrement plus au sud de l'ancien Foyer Savoy. Les terrains appartiennent à la ville de Mont-Saint-Hilaire et à la Société canadienne pour la conservation de la nature (Ville de Mont-Saint-Hilaire 2011). Cette zone est inhabitée, mais très fréquentée par les randonneurs. Le secteur est jugé impropre à la construction puisque le sol est dit instable et que le roc affleure à plusieurs endroits. Cette situation a pour effet de rendre très dispendieuse la mise en place des réseaux d'égout et d'aqueduc (Tanguay,

⁵ Le foyer Savoy a fermé ses portes en 1988 et les bâtiments ont été détruits en 1991 (L'Oeil Régional, 2007).

⁶ Les maisons sont situées aux 575, 581, 587, 592, 595 et 596 rue Ernest-Choquette.

2003). Le sol mince est instable, peut-on lire dans le rapport, il correspond à des dépôts glaciaires (tills) et postglaciaires (graviers et sables des hautes terrasses) (Lasalle et Elson, 1962; Québec, 1999; Tanguay, 2003). Ce site a d'ailleurs été exploité comme sablière-gravière il y a très longtemps (Tanguay, 1997; Tanguay, 2003). L'excavation du matériel a laissé des pentes abruptes et instables composées majoritairement de clastes centimétriques arrondis et subarrondis, lesquels contrastent fortement avec les blocs anguleux et subanguleux en provenance des talus d'éboulis situés en amont.

Sur le flanc ouest du MSH, l'inclinaison du versant entre le Pain de Sucre (408 mètres d'altitude) et les résidences (110 mètres d'altitude) situées à proximité du talus est de 30° (fig. 3.10 transect A). Les observations réalisées sur le terrain ont d'ailleurs permis d'identifier deux blocs de fortes tailles (i.e. plusieurs dizaines de mètres cubes) dans le boisé entre les résidences, majoritairement construites entre 1984 et 1993, et le talus (fig. 3.12). La hauteur de la falaise est estimée à 230 mètres et celle de l'apex du talus à environ 190 mètres. Le différentiel entre le sommet de la falaise (Ho) et le sommet du talus (Hi) est de 40 m, ce qui donne un ratio Ho/Hi de 0,83. La base de l'éboulis se termine approximativement à 120 mètres d'altitude. La surface dépourvue de végétation sur l'éboulis fait un peu plus de 3 000 m² (carte 4.10). Cette section est principalement comprise entre 130 et 170 mètres d'altitude avec une pente moyenne de 35° (fig. 3.13). Les débris rocheux sont majoritairement composés de cornéenne provenant de la corniche située en contrebas du Pain de Sucre. La fracturation de type conchoïdale de la cornéenne produit des fragments anguleux à subanguleux qui composent le talus d'éboulis (fig. 3.13). Des fragments de monzonite et de diorite ont aussi été observés, notamment dans la partie supérieure du talus.

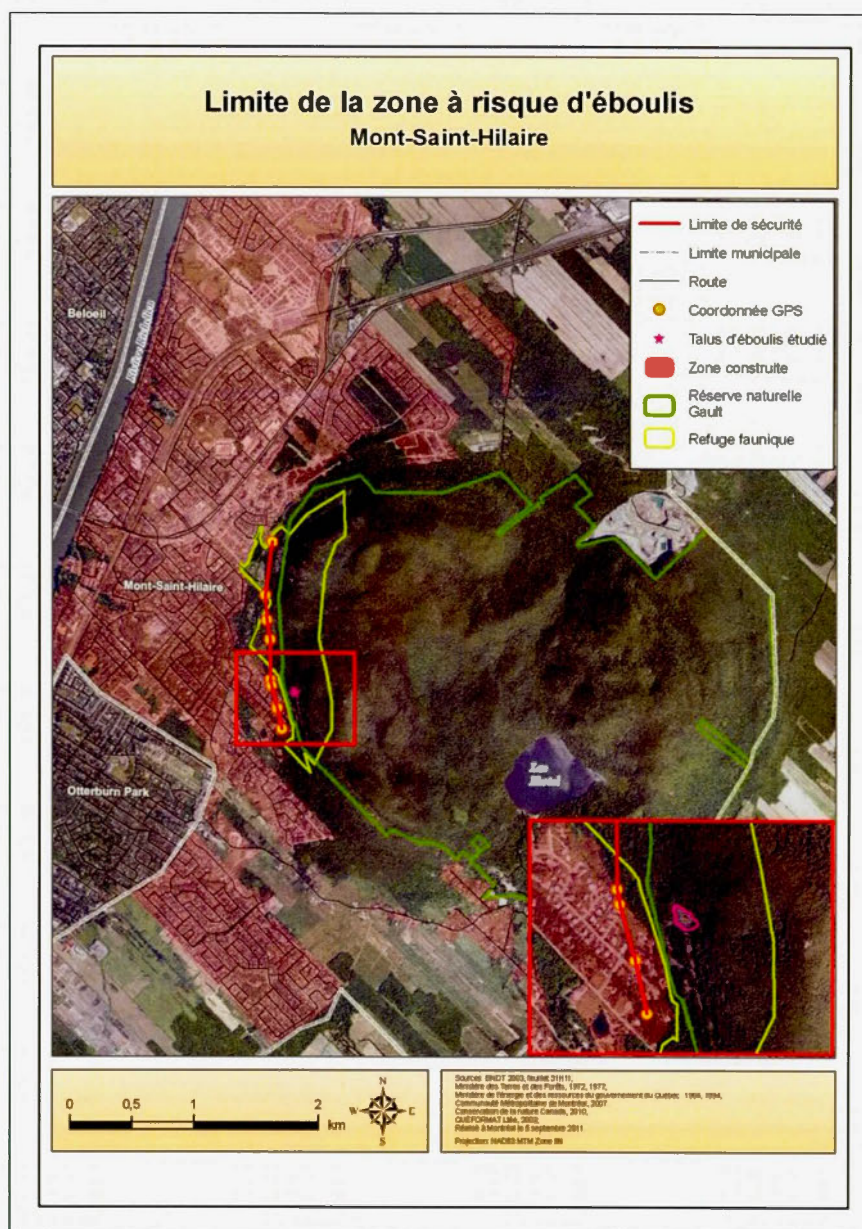


Figure 3.11. Emplacement de la limite de sécurité pour les chutes de pierres.

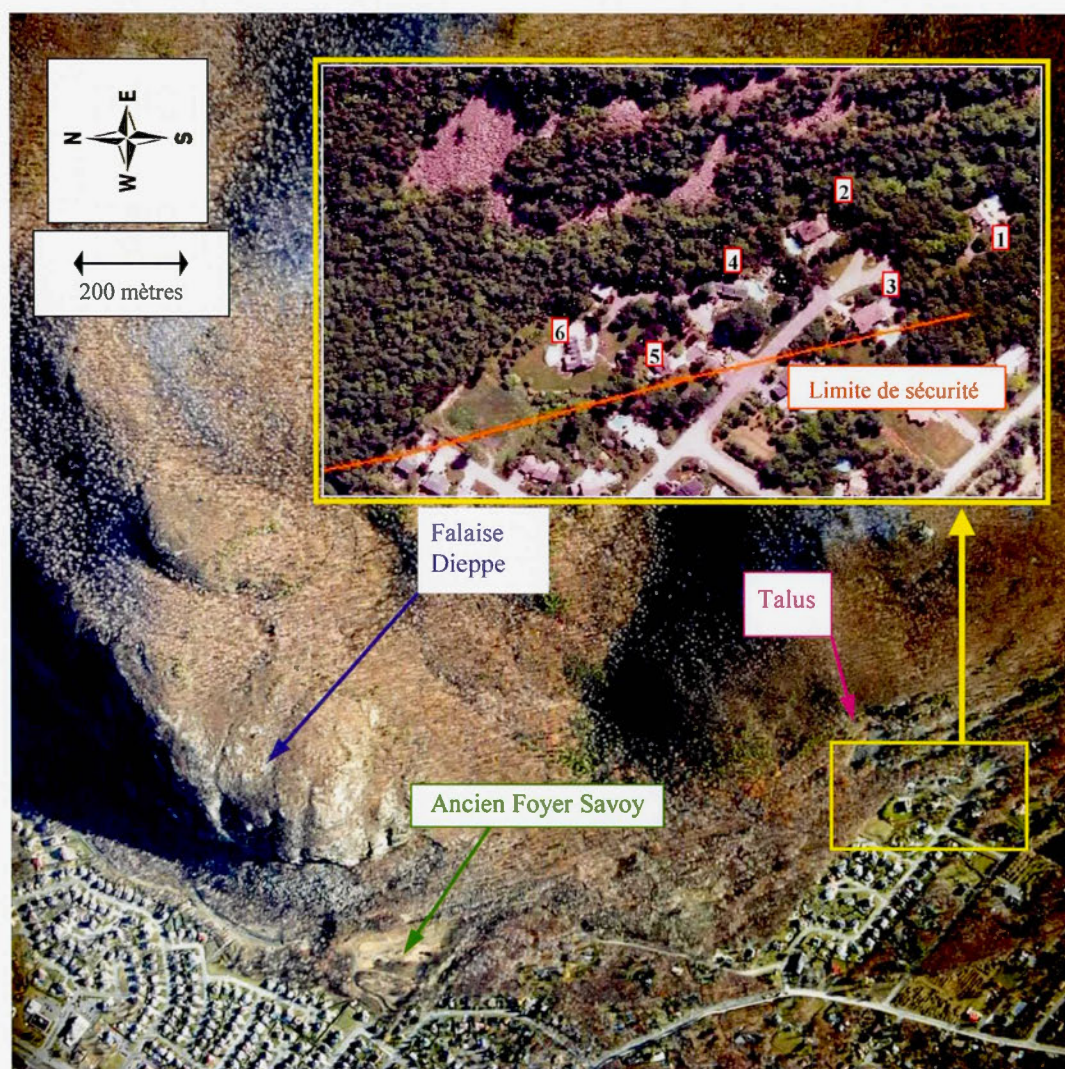


Figure 3.12. Photographie orthogonale prise le 19 novembre 2007 illustrant la falaise Dieppe et le talus étudié avec les résidences situées au sein du périmètre de sécurité (Ville de Montréal, Air Imex Ltée).

Les analyses morphométriques effectuées au sein des neuf quadrats ont révélé une taille moyenne des fragments de 36,4 cm de longueur, 23,7 cm de largeur et de 15,7 cm d'épaisseur (tabl. 3.7). Aucun granoclassement longitudinal ou transversal n'a pu être mis en évidence à travers ces mesures réparties sur l'ensemble du talus d'éboulis.

Les diagrammes de Zingg montrent une dominance des fragments en forme de tiges (38 %) et de disques (27 %) et, dans une proportion moindre, sous forme de sphères (20 %) et puis de lames (15%) (Annexe 1). La moyenne respective des indices de sphéricité et d'aplatissement est de 0,14 et 3,53 (tabl. 3.7).

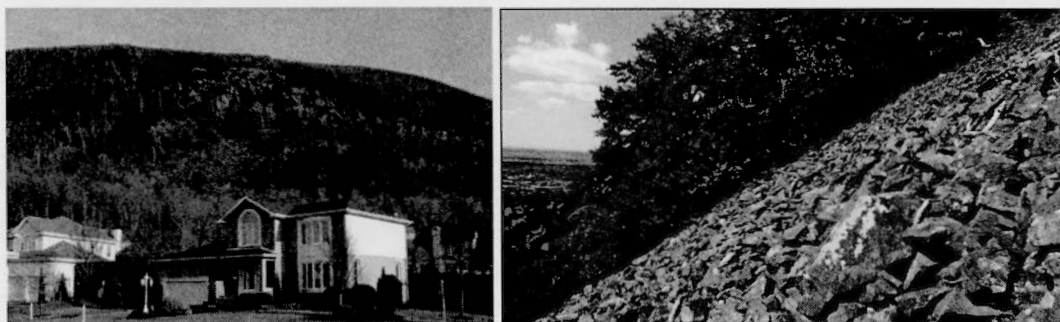


Figure 3.13. Photographie du talus étudié. Le cliché a été réalisé à partir de la rue Ernest-Choquette. Fragments rocheux de cornéenne constituant la majeure partie du talus d'éboulis.

Tableau 3.7
Caractéristiques morphométriques des débris de surface du talus d'éboulis

Quadrat	Axe A (cm)	Axe B (cm)	Axe C (cm)	B/A	C/B	Is	Ia
1	34,6	25,6	15,7	0,75	0,62	0,12	3,67
2	33,3	16,8	11,1	0,60	0,68	0,08	3,88
3	34,2	23,5	16,2	0,87	0,70	0,38	3,43
4	27,8	18,2	12,9	0,68	0,73	0,11	3,08
5	44,5	31,3	21,2	0,73	0,71	0,12	3,31
6	42,2	29,2	19,0	0,73	0,65	0,11	3,65
7	23,8	16,5	10,2	0,71	0,64	0,11	3,43
8	47,1	23,2	15,3	0,70	0,67	0,11	3,90
9	40,2	29,7	19,6	0,72	0,66	0,12	3,42
Moy.	36,4	23,7	15,7	0,72	0,67	0,14	3,53

Les axes a, b et c représentent la longueur, la largeur et l'épaisseur.

Is et Ia = indices de sphéricité et d'aplatissement.

À noter que pour chacun des quadrats les mesures ont été réalisées sur 50 fragments.

CHAPITRE IV

DISCUSSION

4.1 Croissance démographique, développement territorial et vulnérabilité

L'augmentation considérable de la population de la ville de MSH (+ de 435 %) depuis la fin des années 1950 a favorisé une extension et une densification du cadre bâti et de la population (90 hab./km² en 1961 à plus de 393 hab./km² en 2010) (CMM, 2011). Cette tendance couplée à l'attrait qu'exerce le Mont Saint-Hilaire, sans doute en raison de son statut de réserve du milieu naturel (biosphère), incite à penser que la pression pour un développement domiciliaire soutenu sera d'autant plus grande dans les années à venir comme le supposent les estimations à court et moyen terme réalisées pour l'ensemble des 13 municipalités qui composent la MRC de La Vallée-du-Richelieu.

Cette urbanisation récente et importante avec une extension spatiale significative sur le piedmont du MSH s'avère déjà problématique avec la localisation de quelques résidences en zone à risque d'éboulements rocheux. En effet, la superposition des orthophotos de 2007 avec la limite de la zone de sécurité déterminée par Tanguay (2003) a permis de dénombrer six maisons situées à l'intérieur de la zone à risque et à proximité du talus d'éboulis. Selon Tanguay (2003), des chutes de blocs, le renversement de masses rocheuses ainsi que des glissements rocheux sont susceptibles de survenir et les observations réalisées sur le terrain vont également en

ce sens. Les débris peuvent provenir du talus d'éboulis, de la corniche et même de la masse rocheuse dénommée le Pain de Sucre. Malgré les diverses mentions explicites au sein des nombreux rapports d'expertise concernant cette problématique d'instabilité des falaises rocheuses, et ce, dès le début des années 1980 (Durville, 1980), force est de constater que la ville de Mont-Saint-Hilaire a tout de même procédé au développement résidentiel à proximité des talus d'éboulis notamment. La zone dédiée à l'urbanisation étant déjà construite à plus de 90 %, il n'est donc pas surprenant de noter l'émergence de quartiers situés beaucoup plus près des flancs ouest et nord-ouest de la colline. Ces derniers, localisés à la limite de la Réserve de la biosphère ont donc été construits au détriment du milieu forestier et de la zone tampon, faisant une fois de plus du développement domiciliaire l'une des principales causes du déboisement et de la fragmentation du milieu naturel (CNMSH, 2010; Comité de planification du périmètre de la montagne, 2004b; Millien, 2003; Québec, 2005). Pourtant, la forêt qui recouvre cette zone tampon, notamment sur le piedmont et le pourtour du MSH, joue un rôle clé et possède une valeur importante sur le plan écologique et de la préservation. Tel que mentionné précédemment, le Mont Saint-Hilaire est devenu en quelque sorte une île de verdure au centre d'une mer de développement de plus en plus périurbain (Millien, 2003).

4.2 Patron et processus de fragmentation territorial

L'analyse spatiotemporelle de la fragmentation territoriale montre clairement une réduction significative des milieux naturels (MSH, boisés, etc.) au détriment du cadre bâti (périurbain). Pour l'ensemble des catégories d'utilisation du sol, on note une diminution des indices MSI et AWSI entre 1958 et 2007. Cela se traduit par une simplification de la forme des polygones, pour la plupart associée à l'augmentation fulgurante (+450 %) du développement périurbain à l'intérieur de la zone étudiée. En effet, le lotissement rectiligne des nouveaux quartiers induit des contours droits et

beaucoup plus francs aux polygones limitrophes des autres classes d'utilisation du sol. En se rapportant à la classification de Bogaert *et al.* (2004) concernant la fragmentation du paysage (fig. 4.1 et tabl. 4.1), quatre grands types de transformations apparaissent au sein de notre secteur d'étude: i) la fragmentation (g); ii) la création (c); iii) le rétrécissement (j) et; iv) la suppression (b).

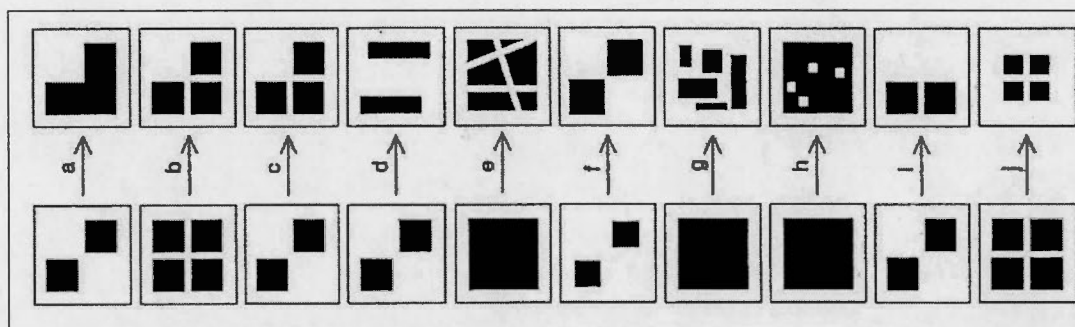


Figure 4.1. Diagramme représentant les dix types de transformations spatiales du paysage selon Bogaert *et al.* (2004). La typologie est déterminée à partir d'un arbre de classification considérant la variation du périmètre, de l'aire et du nombre total de polygones. Les sections de couleur noire se rapportent à la couverture de la zone d'intérêt et les sections de couleur blanche à la matrice du paysage (Bamba, 2010).

La fragmentation (g) concerne, pour l'essentiel, les milieux agricoles et les surfaces boisées. La création (c) est associée exclusivement au domaine périurbain et à la catégorie autre, avec le développement soutenu de quartiers domiciliaires et les changements en cours de l'utilisation des sols comme les espaces en friche. Le processus de rétrécissement (j) est attribué au Mont Saint-Hilaire, correspondant à la place centrale de la Réserve de biosphère et, par conséquent, à l'aire de préservation et de conservation des paysages, écosystèmes, espèces et variations génétiques dans une perspective d'appui à la recherche scientifique, la surveillance continue, l'éducation environnementale et la formation. Enfin, la suppression (b) touche seulement les vergers. Certaines autres transformations ont aussi été observées à des échelles plus grandes, et ce, pour des secteurs plus précis de la zone d'étude. Ces

dernières sont expliquées plus en détail ci-dessous et pour chacune des classes d'utilisation du sol.

Tableau 4.1
Description des processus de transformation spatiale du paysage
d'après Bogaert et al. (2004).

Type de transformation	Description
a. Agrégation	Fusion des taches
b. Suppression	Disparition d'une des taches présentes dans le paysage original
c. Création	Transformation du paysage par la formation d'une nouvelle tache, augmentant le nombre de taches de deux à trois
d. Déformation	Transformation caractérisée par le changement de forme des deux taches passant à la forme rectangulaire sans changement de superficie
e. Dissection	Subdivision d'un secteur continu par des lignes de largeurs uniformes et de petites dimensions
f. Agrandissement	Transformation par l'augmentation de taille des deux taches
g. Fragmentation	Conversion de paysage par la rupture de la continuité en cinq taches disjointes de tailles et de formes inégales
h. Perforation	Transformation par la formation de quatre trous
i. Déplacement	Translocation d'une des deux taches
j. Rétrécissement	Diminution de taille des taches

4.2.1 Le milieu agricole

De façon générale, pour la période allant de 1958 à 2007, les espaces dédiés à l'agriculture ont été fragmentés comme en témoigne l'augmentation du nombre de polygones (+100 %) et la diminution de la surface totale (-9,05 km²) ayant pour effet de réduire considérablement la taille moyenne des polygones (-65 %) (Bogaert *et al.*, 2004). Le périmètre des polygones, tout comme les indices MSI et AWSI, ont aussi diminué étant donné la plus forte présence du secteur périurbain, lequel ceinture dorénavant plusieurs polygones de la classe agricole. Les deux polygones situés du côté ouest de la colline ont d'ailleurs été supprimés et remplacés par le milieu périurbain. En fait, près de 90 % des pertes de superficie agricole l'ont été au profit de la classe périurbain (tabl. 4.2).

Tableau 4.2
Quantification des changements d'utilisation du sol au profit
du milieu périurbain pour les années 1958 et 2007.

Classe	Superficie du territoire 1958 (km ²)	Perte au profit du milieu Périurbain 2007 (km ²)	Variation (%)
Agricole	29,55	7,91	-26,76
Boisé	7,14	2,74	-38,38
MSH	16,04	0,54	-3,37
Verger	6,97	3,16	-45,34

4.2.2 Autre(s) utilisation(s) du sol

Les milieux dont la vocation diffère du milieu périurbain, de la Réserve de biosphère, des boisés, des vergers et du milieu agricole, sont caractérisés par une transformation dite de création. On note une augmentation du nombre de polygones mais aussi de l'aire totale par comparaison au milieu agricole mentionné précédemment. L'accroissement spatial de cette catégorie est en majeure partie attribuable à l'augmentation des surfaces dédiées à l'exploitation minérale comme les carrières situées sur les flancs nord-est et sud-ouest du Mont Saint-Hilaire. Par ailleurs, les fortes variations mesurées de 1958 à 1972 puis 1984, s'expliquent par le fait que quelques terres agricoles et des vergers ont été laissés à l'abandon et en friche, ceux-ci pouvant devenir des boisés après plusieurs années.

4.2.3 Les boisés

Les boisés se caractérisent par une fragmentation accrue avec un accroissement du nombre de polygones (+20 %) et une légère baisse de la superficie totale (-1,97 km² correspondant à -28 %). Par conséquent, on note une diminution significative (-39 %) de la taille moyenne des polygones, comme pour le boisé d'Otterburn Park, ou

simplement la suppression d'autres boisés de petites taille, et ce, généralement au profit du milieu périurbain dans le secteur ouest de la colline ou du milieu agricole dans le secteur sud-ouest. À ce propos, ce sont plus de deux kilomètres carrés de boisés en 1958 qui sont aujourd'hui (2007) occupés par l'étalement urbain.

4.2.4 Le Mont Saint-Hilaire

Le périmètre et l'aire totale du MSH ont légèrement diminué au cours de la période à l'étude. Le processus de rétrécissement ne s'est toutefois pas concrétisé de manière uniforme sur l'ensemble du polygone. À une échelle plus fine, nous observons trois autres types de transformations du paysage. Le premier, l'agrandissement du côté ouest, est associé à la friche devenue un boisé. En effet, des boisés ont poussé sur le site de l'ancienne sablière-gravière et le site de l'ancien Foyer Savoy. Le même phénomène de transition, de friche à boisé, explique la légère augmentation de superficie de 1972 à 1994. Le deuxième type de transformation observé est la perforation sur près d'un kilomètre carré, associé à la carrière située sur le flanc nord de la colline. La carrière n'apparaît pas sur la carte d'occupation du sol de 1958 parce qu'elle n'était pas encore en exploitation à ce moment. Le troisième type est l'agrégation puisque la mince bande boisée, laquelle séparait les deux terres agricoles situées au nord, a disparu et les deux polygones ont fusionné. En 1958, les types d'utilisation du sol les plus importants aux limites du MSH étaient le milieu agricole et les vergers (tabl. 4.3). En 2007, on constate une forte diminution de la superficie des polygones liés à l'agriculture et aux vergers, et ce, au profit du milieu périurbain. La forte augmentation du périurbain en périphérie du MSH explique sans doute la diminution de 0,14 de l'indice de forme (SI). Par ailleurs, plus d'un demi-kilomètre carré du MSH en 1958 a été périurbanisé en 2007.

Tableau 4.3

Nombre de polygones et superficie territoriale en fonction des différentes classes d'utilisation du sol aux abords du Mont Saint-Hilaire pour les années 1958 et 2007.

Classe	Nb. Polygones 1958	Superficie (km ²)	Nb. Polygones 2007	Superficie (km ²)
Agricole	3	25,91	7	16,86
Autre	5	1,21	1	1,26
Boisé	2	0,21	3	0,45
Périurbain	1	2,82	1	16,18
Verger	13	5,46	9	0,41
Total	24	35,61	28	35,17

4.2.5 Le milieu périurbain

Caractérisé par une augmentation du nombre de polygones (+11) et la superficie occupée par le milieu résidentiel (+15,48 km²) (tabl. 4.3), on note la création de nombreux nouveaux quartiers notamment à Saint-Jean-Baptiste et Sainte-Marie-Madeleine. L'essentiel de l'augmentation de superficie a pris la forme d'agrandissement. En effet, en 1958, le polygone en forme de *L* au long de la rivière Richelieu et qui se dirige vers le sud-est à partir d'Otterburn Park a vu sa superficie multipliée par six, lorsque comparée avec la carte de 2007.

La forte diminution des indices MSI et AWSI semble encore une fois attribuable à l'augmentation du niveau d'anthropisation du territoire. À titre d'exemple, la progression de la périurbanisation sur le flanc nord de la colline est sur le point de fragmenter une section du polygone du MSH ainsi que deux vergers et deux terres agricoles. Seul un lien étroit d'une cinquantaine de mètres de largeur relie encore cette section territoriale au MSH.

4.2.6 Les vergers

Les vergers représentent la seule catégorie d'utilisation du sol dont le nombre de polygones et la surface totale ont diminué entre 1958 et 2007. Ce type de transformation est associé à la suppression. Toute proportion gardée, la perte de superficie des vergers est la plus importante des différentes classes d'utilisation du sol analysées (-65 %). En effet, sur les 4,15 km² disparus, environ 70 % (3,16 km²) était occupé en 2007 par le milieu périurbain. Les autres pertes étant associées au milieu agricole, à la classe autre et au MSH qui, elles aussi sont fortement entourées de zones périurbaines contribuant encore une fois à une diminution respective de -0,24 et -0,94 des indices de forme MSI et AWSI. D'autre part, l'augmentation de superficie de 11 % mesurée entre 1994 et 2007 semble principalement attribuable à l'agrandissement des vergers au sud du MSH. En raison de leur sensibilité au climat, les vergers et par conséquent la superficie territoriale qui leur est consacrée peuvent donc connaître des variations inter-annuelles importantes. À titre d'exemple, la perte de 29 % de la superficie territoriale consacrée aux vergers entre 1972 et 1984 semble être attribuable, en partie du moins, à des épisodes de froid. En tout, 15 % des pommiers du Québec sont morts et plusieurs autres ont succombé aux dommages les années suivantes, d'où une chute draconienne dans la production de pommes passant de 118 516 tonnes en 1980 à 45 303 tonnes en 1981 (Lease *et al.*, 2009; Rouselle, 1983). Des périodes de gel similaires ont aussi été enregistrées entre 1984 et 1994 avec une perte spatiale de 45 %, correspondant à une perte réelle entre 45 et 100 % des pommiers assurés. L'occurrence de facteurs exogènes comme les extrêmes météorologiques, les feux, etc. peut donc avoir aussi une influence non négligeable sur la fragmentation du territoire dans le temps et l'espace.

4.3 Un aménagement adéquat dans un contexte de Réserve de biosphère?

La métaphore de l'île au milieu d'une mer de champs agricoles et de bungalows mentionnée précédemment renvoie à la théorie de la biogéographie insulaire de MacArthur et Wilson (1967). Cette théorie a pour principal intérêt de prendre en compte la superficie et la distance spatiale entre les éléments comme facteur explicatif de la biodiversité (Burrel et Baudry, 1999; Ricklefs et Miller, 2005). À titre d'exemple, la richesse de la biodiversité d'une île est grandement influencée par sa taille et sa distance par rapport aux autres îles et/ou à la terre ferme (Drouin, 1995). Ainsi, plus une île est petite, distante de la côte et éloignée d'une autre île, moins celle-ci a de chance de posséder une variété importante d'espèces animales et végétales (Decamps et Decamps, 2007; Turner *et al.*, 2001).

Appliquée à la biodiversité continentale (Blondel 1979; Drouin 1995), l'écologie des paysages a pour mandat d'aborder les interrelations entre l'espace et les processus écologiques qui s'y déroulent (Turner, 1989; 2005). Elle s'attarde plus particulièrement à comprendre l'influence des activités humaines sur la structure, l'organisation et le fonctionnement des écosystèmes dans l'espace et le temps (Burrel et Baudry, 1999; Wiens et Milne, 1989). Bien que de taille variable, le paysage en écologie est généralement défini comme étant un espace terrestre hétérogène renfermant des parcelles distinctes quant à leurs caractéristiques biotiques et abiotiques de celles limitrophes (Forman et Godron, 1986, Wiens et Milne, 1989; Turner, 1990; 2005). Les sources de cette hétérogénéité peuvent être d'origines naturelles (géologie, dépôts de surface, microclimat, etc.) ou anthropiques (agriculture, déboisement, développement domiciliaire) (Burrel et Baudry, 1999; Forman et Godron, 1986). La fragmentation du paysage est généralement décrit comme étant un processus, qui à l'échelle du paysage, entraîne un morcellement de l'habitat en plus petites parcelles telles que présentées dans les sections précédentes, ce qui a pour conséquences d'engendrer une perte d'habitat, une réduction des

populations et de la biodiversité en général (Fisher et Lindenmayer, 2007; Wilcox et Murphy, 1985). Enfin, les conséquences de la fragmentation sur la biodiversité ne sont pas nécessairement immédiates et peuvent se manifester de nombreuses années plus tard (Tilman *et al.*, 1994).

C'est afin de contrer cet isolement que des corridors forestiers ont été mis en places (Nature-Action, 2010). Deux corridors situés au nord et au sud permettent de relier notamment le MSH aux autres boisés de la MRC (fig. 4.2). Ces corridors ont pour objectifs de favoriser les échanges génétiques entre les populations des différentes espèces (Bonnin, 2008). Ceux-ci ne constituent donc pas seulement des lieux de passage pour les animaux, mais ils consolident aussi les milieux naturels environnant ce qui favorise le maintien et l'implantation de nouvelles espèces (Bonnin, 2008; CNMSH, 2010; Comité de planification du périmètre de la montagne, 2004b; Millien, 2003; Nature-Action, 2010). Bien que cette initiative s'inscrit dans l'objectif de développement de l'aire de coopération de la Réserve de biosphère, force est de constater que le déboisement du piedmont – lequel abrite plusieurs espèces animales et permet à certaines espèces de rejoindre d'autres boisés de la Vallée-du-Richelieu via les corridors forestiers (Nature-Action, 2010) – est devenu un enjeu majeur sur le plan écologique auquel il faut rajouter la popularité grandissante du Centre de la Nature du Mont Saint-Hilaire, lequel accueille des milliers de visiteurs lors des belles journées estivales et automnales.

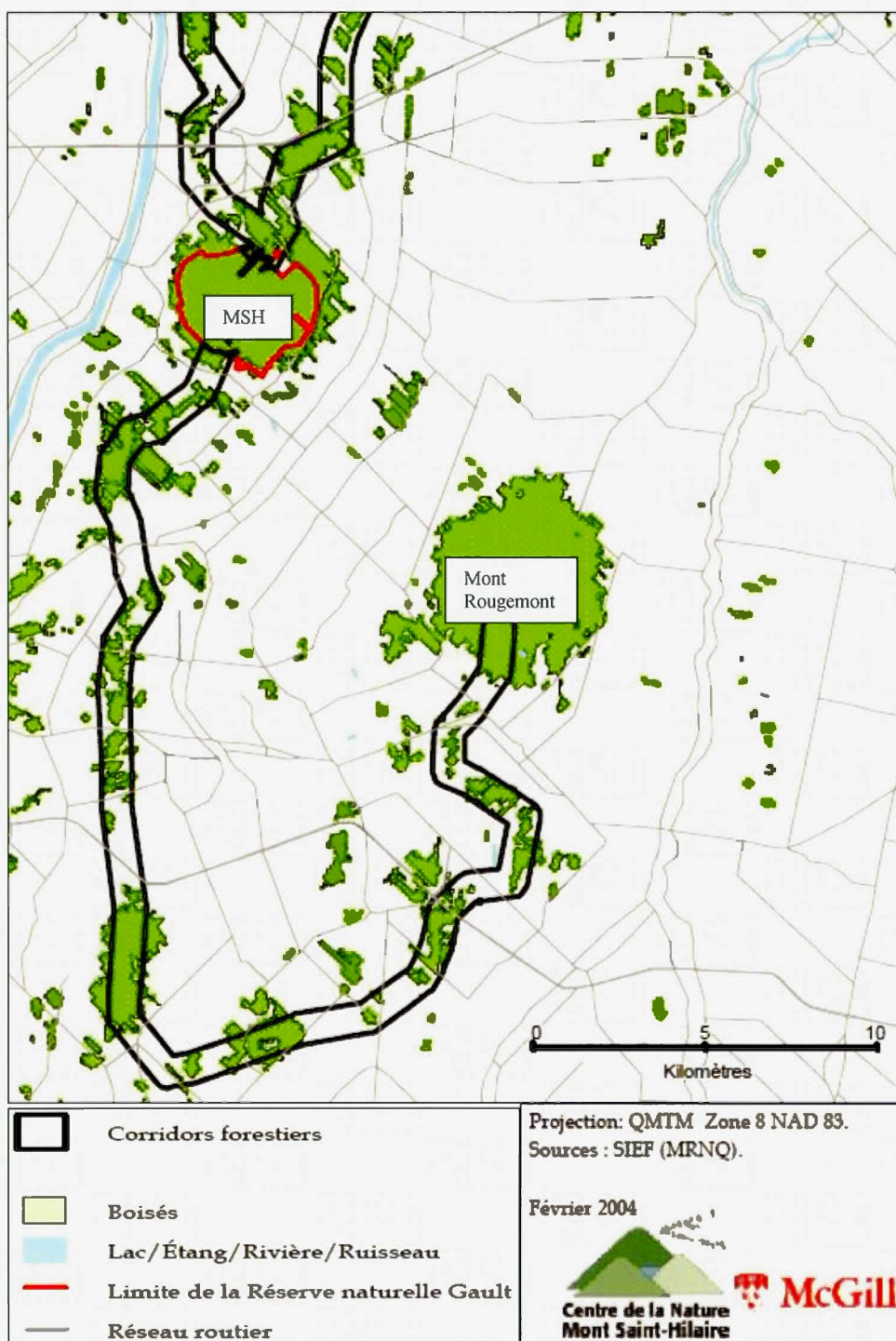


Figure 4.2 Corridors forestiers rattachés au Mont Saint-Hilaire (Modifié d'après le Centre de la Nature Mont Saint-Hilaire et Université McGill, 2004).

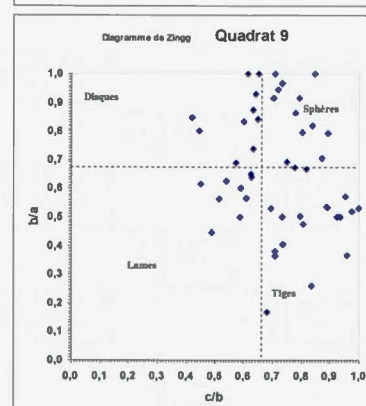
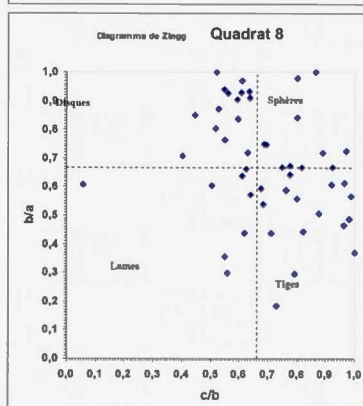
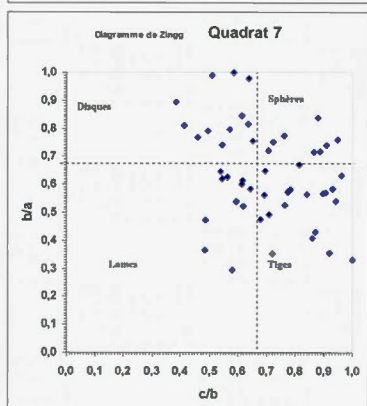
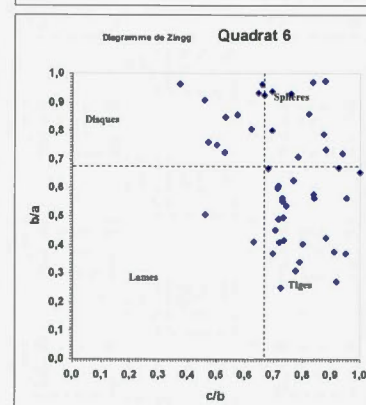
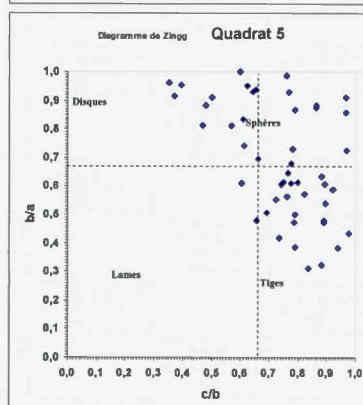
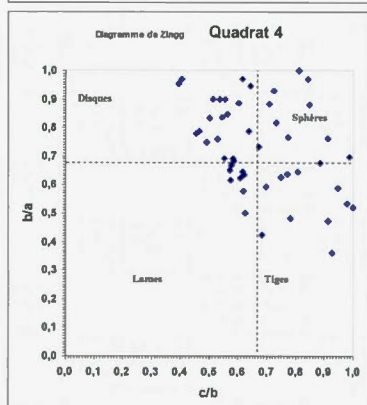
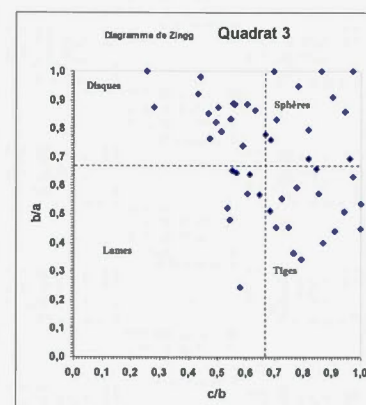
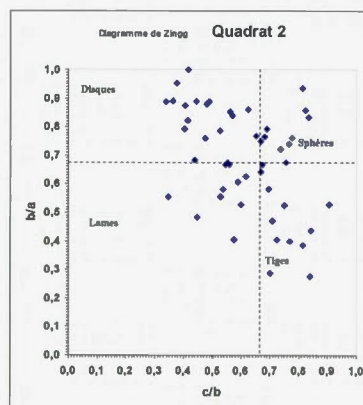
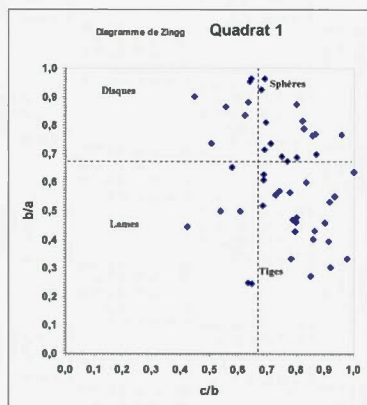
CONCLUSION

L'aménagement durable du territoire est un concept difficile à mettre en œuvre sur le plan pratique compte tenu des difficultés associées à l'harmonisation des besoins collectifs et individuels. Dans le contexte de Réserve de biosphère de l'UNESCO que représente le Mont Saint-Hilaire, la première zone centrale vise la préservation de l'écosystème. La seconde, située en périphérie de la première, est une zone tampon qui a pour objectif d'atténuer les impacts occasionnés par les activités humaines. Or, la croissance fulgurante de la population au cours des dernières décennies a provoqué un développement domiciliaire sans précédent accentuant par le fait même la fragmentation du territoire, notamment sur le piedmont du Mont Saint-Hilaire. Pourtant, cette zone tampon devrait permettre, voire favoriser les échanges génétiques des espèces en mettant à leur disposition des corridors fauniques adaptés pour rejoindre une ou des zones plus marginales. Ces corridors existent, mais eux aussi sont en proie à une fragmentation croissante résultant d'une périurbanisation en pleine croissance. De plus, les activités qui se déroulent dans cette zone doivent être en accord avec les principes du développement durable. Encore une fois, force est de constater que ce développement soutenu du milieu périurbain, notamment depuis les années 1980, résulte d'une exposition et une vulnérabilité accrue comme en témoignent les six résidences recensées dans le périmètre de sécurité quant aux chutes potentielles de roches. Enfin, la troisième aire vise la collaboration entre les différents intervenants ayant juridiction sur le territoire afin que ceux-ci instaurent des pratiques et des politiques qui permettent un développement économique, social et culturel qui soit durable (ACRB, 2009; CNMSH, 2012; UNESCO, 2011).

L'analyse spatiotemporelle effectuée à partir des photographies aériennes et des orthophotos pour la période de 1958 à 2007 a permis de spécifier les mécanismes à l'origine de la fragmentation accrue du territoire. Bien que certains facteurs exogènes comme les feux et les extrêmes météorologiques puissent avoir une incidence sur la l'utilisation du territoire, le développement accéléré du cadre bâti demeure néanmoins le principal responsable de la fragmentation du paysage et des différentes utilisations du sol dans le secteur du Mont Saint-Hilaire. Les indices de forme utilisés corroborent ces résultats et montrent encore une fois les difficultés d'harmonisation des différents usages du territoire et le manque de considération à l'égard des risques naturels malgré la loi sur la Sécurité civile établie en 2001.

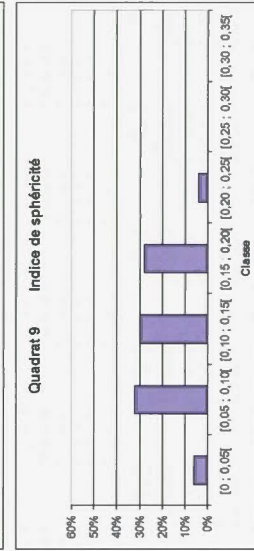
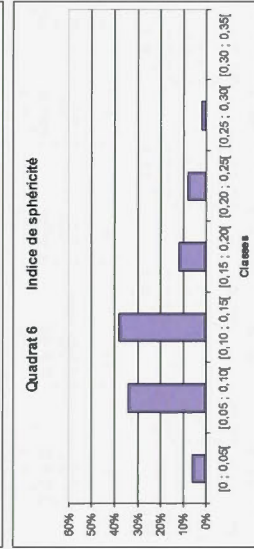
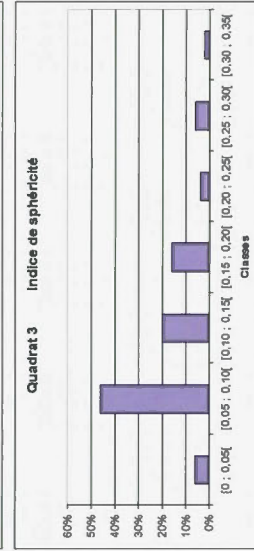
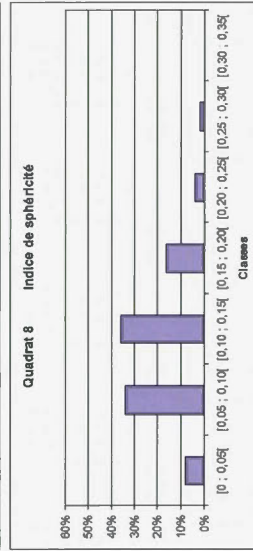
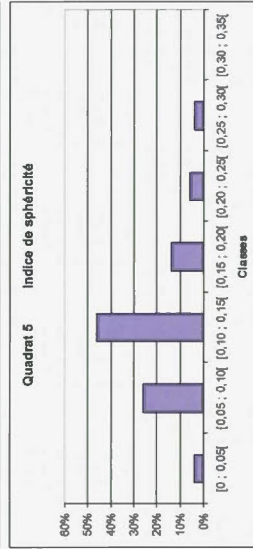
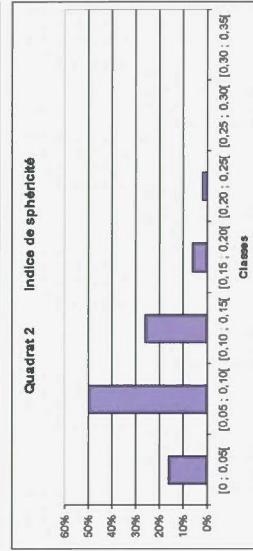
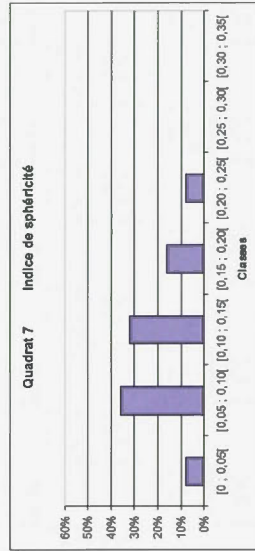
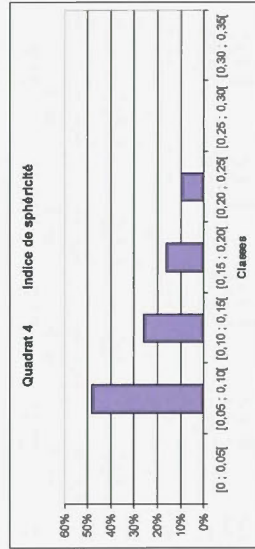
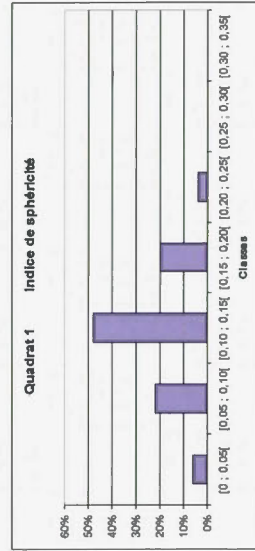
ANNEXE A

DIAGRAMMES DE ZING



ANNEXE B

INDICE DE SPHÉRICITÉ DES NEUF QUADRATS ÉTUDIÉS



BIBLIOGRAPHIE

- Association canadienne des réserves de la biosphère. 2008. Rapport de l'examen périodique 2007-2008 de la réserve de la biosphère du mont Saint-Hilaire. [En ligne]. <http://www.biosphere-research.ca/Files/Reports/Final%20Mont%20Saint-Hilaire%20Report%20French.pdf>. Page consultée en janvier 2011.
- Association canadienne des réserves de la biosphère. 2009. Mont Saint-Hilaire, Qc. [En ligne] <http://biospherecanada.ca/fr/biosphere-reserves/mont-st-hillaire/>. Page consultée en janvier 2011.
- Adams, F.D. 1914. «Les collines Montérégiennes». Excursion aux environs de Montréal et d'Ottawa. Commission géologique du Canada, 173 p.
- Allain, R. 2004. *Morphologie urbaine*. Armand Colin. Paris, 254 p.
- Arii, K., B.R. Hamel et M.J. Lechowicz. 2005. «Environmental correlates of canopy composition at Mont St. Hilaire, Quebec, Canada». *Journal of the Torrey Society*, vol. 132, no. 1, p. 90-102.
- Association des citoyens de Mont-Saint-Hilaire. 2009. [En ligne]. <http://www.acmsh.org/>. Page consultée le 10 décembre 2009.
- Ballivy, G. 1990. «Mont Saint-Hilaire; Définition des limites d'éboulis potentiels en arrière du foyer Savoy» S.M. inc. 5 p.
- Bamba, I. 2010. «Anthropisation et dynamique spatio-temporelle de paysages forestiers en République démocratique du Congo». Université libre de Bruxelles, 205 p.
- Bédard, P. 2007. Les collines Montérégiennes en 3D. [En ligne]http://www.er.uqam.ca/nobel/k27454/monteregiennes/hilaire/roches_hilaire.html. Page consultée en août 2011.

- Béland-Otis, C. 2009. «Géochimie des gaz rares des saumures et gaz naturel du réservoir de Bécancour, Québec, Canada». Mémoire de maîtrise, Département de géographie, Montréal, Université du Québec à Montréal.
- Bélangier, Y. 2006. «Le sol de Saint-Amable a une très faible capacité portante». L'information de Sainte-Julie. Québecor media. 14 octobre 2006. [En ligne]. http://monteregieweb.com/main+fr+01_300+Le_sol_de_SaintAmable_a_une_tres_faible_capacite_portante.html?ArticleID=461389. Page consultée le 30 décembre 2010.
- Benn, D., I. Evans et J.A. David. 1998. *Glaciers and Glaciation*, London, Arnold, 734 p.
- Berque, A., P.H. Bonnin et C. Ghorra-Gobin. 2006. *La ville insoutenable*. Paris, Belin, 366 p.
- Blondel, J. 1979. *Biogéographie et écologie*. Paris, Masson, 1979, p. 6.
- Bogaert, J. et D. Salvador-Van Eysenrode. 2004. «Decision tree algorithm for detection of spatial processes in landscape transformation». *Environmental Management*, vol. 33, no. 1, p. 62–73.
- Bonnin, M. 2008. *Les corridors écologiques; Vers un troisième temps du droit de la conservation de la nature ?*. Paris, L'Harmattan, 276 p.
- Bourque, P.-A. 2010. Planète Terre. Département de géologie et de génie géologique, Université Laval, Québec. [En ligne]. http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html
- Bouquet, M.-A., Germain, D. et Chenet, M. 2011. «Le développement périurbain accéléré en contexte de faible capacité portante des sols argileux: un risque émergent? Étude de cas de la ville de Saint-Amable au Québec (Canada)». *Dynamiques Environnementales*, vol. 28, p. 27-40.
- Briggs, D., 1977. *Sediments*. Butterworths, London, 192 p.
- Brisebois, D. et J. Brun. 1994. «La plate-forme du Saint-Laurent et les Appalaches». *Géologie du Québec*. Ministère des Ressources naturelles, Québec. p. 95-120.

- Burel, F. et J. Baudry 1999. *Écologie du paysage : concepts, méthodes et applications*. Éditions Technique et documentation, Paris, 359 p.
- Cailleux, A. et J. Tricart. 1959. *Initiation à l'étude des sables et des galets*. Paris, Centre de documentation universitaire.
- Cavailhès, J., Peeters, D., Sékeris, E., Thisse et J.-F. Thisse. 2003. «La ville périurbaine». *Revue économique*, vol. 54, p. 5-24.
- Centre de la Nature du mont Saint-Hilaire. 2007. [En ligne].
<http://www.centrenature.qc.ca/>. Page consultée le 10 décembre 2009.
- Centre de la Nature du mont Saint-Hilaire. 2010. «L'exploration et l'exploitation du gaz de shale dans la Vallée du Richelieu». Mémoire présenté au BAPE. 15 p. [En ligne].
http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/Gaz_de_schiste/documents/D_M15.pdf
- Centre de la Nature du mont Saint-Hilaire. 2011. [En ligne].
<http://www.centrenature.qc.ca/index.html>. Page consultée en février 2011.
- Centre de la Nature du mont Saint-Hilaire. 2012. Réserve de biosphère de l'UNESCO. [En ligne].
<http://www.centrenature.qc.ca/conservation/reserveDeBiosphere.html>. Page consultée le 13 janvier 2013.
- Certu, 2007. «Le périurbain. Quelle connaissance? Quelle approches?» Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer. Lyon. [En ligne].
http://lara.inist.fr/bitstream/handle/2332/1209/CERTU_1210T1.pdf;jsessionid=5FD512364504B5D421CD47079A8CCDE3?sequence=3
- Chambre immobilière du Grand Montréal. 2010. «L'année 2010 se termine sur une note positive». Statistiques résidentielles MLS.
http://communications.centris.ca/Tableaux/2010/Tableaux_Communiqes_CIGM_2010M12cum.pdf. Page consultée en janvier 2011.
- Clark, T.H. 1955. «Région de St-Jean-Beloeil». Ministère des Mines, Québec, Rapport géologique 66 p.

- Clerk, M. 1994. «Thomas Edmund Campbell, un grand Hilairemontois». Société d'histoire de Beloeil-Mont-Saint-Hilaire. [En ligne].
<http://www.shbmsh.org/capsules.php?capsule=58>. Page consultée le 21 février 2011.
- Clerk, M. 1996. «Un artiste-peintre au service de ses concitoyens, Ozias Leduc, l'homme public». *Histoire Québec*, vol. 2, 1. [En ligne].
http://www.histoirequebec.qc.ca/publicat/vol2num1/v2n1_10o.htm. Page consultée le 12 décembre 2009.
- Comité de planification du périmètre de la montagne. 2004a. «Études de caractérisation des milieux naturels du périmètre à grande valeur écologique». Ville de Mont-Saint-Hilaire.
- Comité de planification du périmètre de la montagne. 2004b. «Rapport sur la protection et la mise en valeurs du périmètre de la montagne». Ville de Mont-Saint-Hilaire.
- Comité de planification du périmètre de la Montagne. 2004. «Rapport sur la protection et la mise en valeur du périmètre de la montagne». Ville de Mont-Saint-Hilaire, 35 p.
- Comber, A.J., Birnie, R.V. et M., Hodgson. 2003. «A retrospective analysis of land cover using a polygon shape index». *Global Ecology and Biogeography*, 12, p. 207-215.
- Communauté métropolitaine de Montréal. 2011. Observatoire du grand Montréal. [En ligne]. <http://observatoire.cmm.qc.ca/swf/indicateursMetropolitains.php>. Page consulté en mars 2011.
- Communauté métropolitaine de Montréal. 2014. Observatoire du grand Montréal. [En ligne]. <http://observatoire.cmm.qc.ca/swf/indicateursMetropolitains.php>. Page consulté en avril 2014.
- Currie, K.L. 1983. «An interim report on the geology and petrology of the Mont Saint-Hilaire pluton, Quebec». Geological survey of Canada, vol 83, 1B, p. 39-46.
- Currie, K.L. 1989. «Geology and composition of the Mont Saint-Hilaire pluton, southern Quebec». Geological survey of Canada, Open file 2031, 35 p.

- Da Cunha, A., P. Knoepfel, J.-P. Laresche et S. Nahrath. 2005. *Enjeux du développement urbain durable : Transformation urbaines, gestion des ressources et gouvernance*. Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes. 471 p.
- Décamps, H. et O. Décamps. 2007. Organisation de l'espace et processus écologiques. *Économie rurale* [En ligne] <http://economierurale.revues.org/1990>
- Doyon, M. et F. Soumaya. 2003. Le récréotourisme et l'environnement naturel dans les aires protégées périurbaines : la région métropolitaine de Montréal. *Revue canadienne des sciences régionales*, vol 2-3, p. 419-429.
- Drouin, J.-M. (1995). «La biogéographie: Modèle unique ou histoire commune?» Les sciences hors d'Occident au XX siècle : sous la direction de Roland Waast. Vol. 3 Nature et environnement. Christophe Bonneuil éditeurs scientifiques. Orstom Éditions. Institut Français de recherche scientifique pour le développement en coopération. Paris 1995.
- Dubuc, A. 1999. «Les maisons se vendent 40 % moins cher en banlieue de Montréal». Les affaires.com. [En ligne]. <http://www.lesaffaires.com/secteurs-d-activite/immobilier/les-maisons-se-vendent-40--moins-cher-en-banlieue-de-montreal/506393>. Page consultée en janvier 2011.
- Durville, J-L. 1980. «Risque de chute de blocs au Mont-Saint-Hilaire». Service de la Géotechnique, Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, dossier 989, 2 p.
- Environnement Canada. 2014. Données des stations pour le calcul des normales climatiques au Canada de 1981 à 2010. Ministère de l'environnement. Gouvernement du Canada. [En ligne]. http://climat.meteo.gc.ca/climate_normals/results_1981_2010_f.html?stnID=5490&prov=&lang=f&dCode=4&dispBack=1&StationName=St-Hubert&SearchType=Contains&province=ALL&provBut=&month1=0&month2=12. Page conultée le 19 avril 2014.
- Eyles, N. et N. Miall. 2007. *Canada Rocks: The geological journey*. Markham, Fitzhenry and Whiteside Limited, 512 p.
- Fahrig, L. 2003. «Effects of habitat fragmentation on biodiversity». *Annual Review of Ecology, Evolution and System*, vol. 34, p. 487-515.

- Feininger, T.G. et A.K. Goodacre. 1995. «The eight classical Montereian hills at depth and the mechanism of their intrusion». *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 32, p. 1350-1364
- Fisher, J., D. B. Lindenmayer et I. Fazey. 2007. «Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis». *Global Ecology and Biogeography*, vol. 16, no. 3, p. 265-280.
- Forman, R. T. T. et M. Godron. 1986. *Landscape Ecology*. Éd. John Wiley and Sons, New York, 619 p.
- Forman, R. T. T. (1995). «Some general principles of landscape and regional ecology». *Landscape Ecology*, vol. 10, no 3, p. 133-142.
- Fortin, A. et C. Després. 2009. «Le choix du périurbain à Québec. Nature et biographie résidentielle». *Journal of Urban Research*, vol. 5 [En ligne]. <http://articulo.revues.org/1416>. Page consultée le 11 janvier 2014.
- Fortin, A., M.-H. Villeneuve et M. Rioux. 2008. «Jamais sans ma voiture ? Les banlieusards des franges de Québec». *Recherches sociographiques*, vol. 49, n° 3, p. 447-473.
- Fortin, A., C. Després et G. Vachon. 2002. *La banlieue revisitée*. Québec. Nota bene. 302 p.
- Fortin, R., B. Labrosse, P. Lambert, C. Morissonneau et K. Vanderheyden. 2009. *La remontée de la rivière Richelieu par Champlain 1609-2009*. Beloeil (Qué.) : Fédération des sociétés d'histoire du Québec et Société d'histoire de Beloeil-Mont-Saint-Hilaire, 80 p.
- Gadd, N.R. 1983. «Notes on the deglaciation of southeastern Québec». *Geological Survey of Canada, Current Research*, paper 83-1B, p. 403-412.
- Gadd, N.R. 1988. *The Late Quaternary Development of the Champlain Sea basin*. Geological Association of Canada, Special Paper 35, 312 p.
- Gardner R.-H., B.-T. Milne, M.-G. Turner et R.-V. O'Neill. 1987. «Neutral Models for the Analysis of Broad-Scale Landscape Patterns». Springer, *Landscape Ecology*, vol. 1, p. 19-28.

- Gendron, C. 2012. *Vous avez dit développement durable?* 2ième édition. Montréal Les Presses internationales Polytechnique, 120 p.
- Gilbert, L.A. et Foland, K.A. 1986. «The mont Saint Hilaire plutonic complex : occurrence of excess ^{40}Ar and short intrusion history». *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 23, p. 948-958.
- Globensky, Y. 1987. *Géologie des Basses-Terres du Saint-Laurent*, Rapport M85-02, Ministère des Ressources naturelles du Québec. 63 p.
- Grenon, L., J.-M. Cossette, M. Deschênes et L. Lamontagne. 1999. «Étude pédologique du comté de Rouville, Québec». Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada. Bulletin d'extension 10, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 263p.
- Harrington, R. et S. Occhietti. 1988. «Inventaire systématique et paléoécologie des mammifères marins de la Mer de Champlain (fin du Wisconsinien) et de ses voies d'accès». *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 42, p. 45-64.
- Harrington, R.C. 2003. «Quaternary vertebrates of Québec: a summary». *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 57, no 1, p. 85-94.
- Kim, K.-H. et S. Pauleit. 2005. «Landscape metrics to assess the ecological conditions of city regions: applications to Kwangju City, South Korea». *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, vol. 12, p. 227-244.
- Krumbein, W.C. 1941. «Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles». *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 2, p. 64-72.
- Krummel, J.R., R.H., Gardner, G., Sugihara, R.V., O'Neil et P.R. Coleman. 1987. Landscape patterns in a disturbed environment. *Oikos*, vol 48, p. 321-324.
- Lafrance, R. 2004. Des vignettes aux abords de la montagne. L'Oeil régional. [En ligne]. http://monteregieweb.com/main+fr+01_300+Des_vignettes_aux_abords_de_la_montagne.html?ArticleID=361407&JournalID=28, page consultée le 12 janvier 2010.

- Lajoie, P.-G. 2009. «Glacio-isostasie et évolution de l'argile marine (Champlain) et des matériaux parentaux des sols sur le Bouclier Laurentien et sur les terrasses anciennes et actuelles de la rivière des Outaouais et du fleuve Saint-Laurent». Gatineau, 43 p.
- Lambert, P. 2007. *Le mont Saint-Hilaire*. Québec, Septentrion, 154 p.
- Landry, B. et M. Mercier. 1992. *Notions de géologie*. Montréal, Modulo, 3e Édition, 563 p.
- Lasalle, P. 1966. «Late Quaternary vegetation and glacial history in the St. Lawrence lowlands, Canada». *Leidse Geologische Mededelingen*, no 38, p. 91-128.
- Lasalle, P. 1981. «Géologie des sédiments meubles de la région de Saint-Jean-Lachine». Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. Direction générale de l'exploration géologique et minérale, DPV 780 p.
- Lasalle, P. et J.A. Elson. 1962. «Rapport préliminaire sur la région de Beloeil : géologie des dépôts meubles». Ministère des mines, Service des eaux, gaz et pétrole, Québec.
- Lease, N., A. Pichette et Chaumont, D. 2009. «Projet d'étude sur l'adaptation aux changements climatiques du secteur de la pomme au Québec». Direction de l'agroenvironnement et du développement durable. Ouranos. 52 p.
- Lechowicz, M.J. 1996. «Plan directeur du domaine Gault». [En ligne]. <http://www.mcgill.ca/files/gault/plan.pdf>, Pages consultées en novembre 2010.
- Lechowicz, M.J. 2011. «Rapport annuel 2009-2010 : Réserve naturelle Gault». Université McGill. [En ligne]. <http://francais.mcgill.ca/files/gault/GNRAAnnualReport09-10FR.pdf>, Pages consultées en novembre 2010.
- Leroy, S. 2000. «Sémantique de la métropolisation», *L'Espace géographique*, vol. 1, p. 78-86.
- Li, H. et J. WU. 2004. «Use and misuse of landscape indices», *Landscape Ecology*, 19: 389-399.

- L'Oeil Régional. 2007. «La Fondation Savoy aide à la conservation du mont Saint-Hilaire». L'Oeil Régional (Beloeil), 24 février [En ligne].
http://monteregieweb.com/main+fr+01_300+La_Fondation_Savoy_aide_a_la_conservation_du_mont_SaintHilaire.html?ArticleID=484262&JournalID=28. Page consultée le 17 juillet 2011
- MacPherson, J.B. 1967. «Raised Shorelines and Drainage Evolution in the Montréal Lowland», *Cahiers de géographie du Québec*, no. 23, p. 343-360.
- Marois, C. 2006. «De l'étalement urbain au néo-ruralisme : le cas de la région métropolitaine de Montréal». Actes de colloque de l'URQ, Université rurale québécoise, publié sur le site de l'URQ, 14 p. [En ligne].
http://www.uqar.quebec.ca/chrural/urq/URQ%202005/urq2005/documents/maroi_sdoc.pdf. Page consultée le 15 février 2011.
- McGarigal, K. et B. J. Marks. 1994. «FRAGSTATS: a spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure». Forest Science Department, Oregon State University, Corvallis, 164 p.
- Mercier, G. 2006. «La norme pavillonnaire : mythologie contemporaine, idéal urbain, pacte social, ordre industriel, moralité capitaliste et idéalisme démocratique». *Cahiers de géographie du Québec*, Vol. 50, no 140, p. 207-239.
- Millien, L. 2003. «Le concept de réserve de biosphère: pour une mise en valeur du territoire. Étude de cas de la réserve de biosphère du mont Saint-Hilaire (Québec, Canada)». Université Joseph Fourier. 111 p.
- Morin, D., R. Marquis, et M. Jebrak. 1996. «Un diatrème phréatomagmatique montréalais dans les Appalaches du Québec». *Revue canadienne des sciences de la Terre*, vol. 33, p. 649-655.
- Moser, D., H.G., Zechmeister, N., Plutzer, N., Sauberer, T. Wrbka et G. Grabherr. 2002. «Landscape patch shape complexity as an effective measure for plant species richness in rural landscapes». *Landscape Ecology*. vol. 17, p. 657-669.
- Muller, S., P.J.H. Richard, J. Guiot, J.-L. de Beaulieu et D. Fortin. 2003. «Postglacial climate in the St. Lawrence lowlands, southern Québec: pollen and lake-level evidence». *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, no. 193, p. 51-72.

- Municipalité régionale de comté (MRC). 2006. *Schéma d'aménagement, MRC de la Vallée-du-Richelieu*, 261 p.
- Nature-Action, 2010. «Des corridors forestiers pour assurer la survie de notre milieu de vie», [En ligne]. http://soeq.org/documents/NAQ_Corridors.pdf. Page consultée le 12 janvier 2014.
- Nolin, M.C. 1985. *Étude pédologique du comté de Chambly, étude semi-détaillée à l'échelle 1/50 000*. Équipe pédologique fédérale, Agriculture Canada, 157 p.
- Nolin, M.C. et L. Lamontagne. 1990. *Étude pédologique du comté de Richelieu (Québec)*. Centre de recherches sur les terres, Agriculture Canada. Contribution no 87-74. vol. 1, 287 p.
- Nolin, M.C., L. Lamontagne et A. Martin. 1991. «Esquisse géopédologique du sud-est de la plaine de Montréal». *Agrosol*, vol. 4, no 2, p. 44-57.
- Norman, J., H. MacLean et C. A. Kennedy. 2006. «Comparing High and Low Residential Density: Life-Cycle Analysis of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions». *Journal of Urban Planning and Development*, vol. 32, p. 10-21.
- Occhietti, S. et P.J.H. Richard. 2003. «Effet réservoir sur les âges ^{14}C de la Mer de Champlain à la transition Pléistocène-Holocène: révision de la chronologie de la déglaciation au Québec méridional». *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 57, p. 115-138.
- ONU Habitat. 2010. «Les tendances de l'urbanisation : l'étalement urbain constitue désormais un problème mondial». *State of the world's cities 2010/2011*. [En ligne]. <http://mirror.unhabitat.org/documents/SOWC10/FR/R4.pdf>. Page consultée le 13 janvier 2014.
- Organisation des Nations Unies. 2002. «Perspectives de l'urbanisation mondiale : la Révision 2001. Chronique ONU». vol. 39, numéro 3. [En ligne]. http://www.un.org/french/pubs/chronique/2002/numero3/0302p36_urbanisation_mondiale.html. Page consultée le 9 février 2011.
- Parent, M. et S. Occhietti. 1988. «Late Wisconsinian deglaciation and Champlain Sea invasion in the St. Lawrence valley, Québec». *Géographie physique et Quaternaire*, vol 42, p. 215-246.

- Parent, M. et S. Occhietti. 1999. «Late Wisconsinan deglaciation and glacial lake development in the Appalachians of southeastern Québec». *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 53, p. 117-135.
- Paulet, J.-P. 2005. *Géographie urbaine*. Paris, Armand Collin, 242 p.
- Paulet, J.-P. 2009. *Géographie urbaine*. Paris, Armand Collin, 119 p.
- Peckover, F.L. 1980. «Study of Stability of rock Slope of Mont St-Hilaire above le foyer Savoy». Géotechnique. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. 25 p. 14 p.
- Pinti, D., C. Béland-Otis, A. Tremblay, M. Clara Castro, C.M. Hall, J.-S. Marcil, J.-Y. Lavoie et R. Lapointe. 2011. «Fossil brines preserved in the St-Lawrence Lowlands, Québec, Canada as revealed by their chemistry and noble gas isotopes», *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 75 , p. 4228–4243.
- Prichonnet, G. 1977. «La déglaciation de la vallée du Saint-Laurent et l'invasion marine contemporaine». *Géographie physique et Quaternaire*, 31 , 323-345.
- Prichonnet, G. 1987. *Livret guide excursion A-7/C-7 Glaciations et déglaciations du Wisconsinien le sud du Québec (région de Montréal)*. INQUA, Montreal, 53 p.
- Portail Québec. 2014. Portrait du Québec. [En ligne]. <http://www.gouv.qc.ca/portail/quebec/pgs/commun/portrait/geographie/climat/?lang=fr>. Page consultée le 13 avril 2014.
- Québec, Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire. 2011. Répertoire des municipalités. [En ligne]. <http://www.mamrot.gouv.qc.ca/repertoire-des-municipalites/fiche/municipalite/57035/>. Page consultée en janvier 2011.
- Québec, Ministère du Développement durable, de l'Énergie et des Parcs. 2002. «Les réserves naturelles en milieu privé : Réserve naturelle Gault-de-l'Université McGill» [En ligne]. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/biodiversite/prive/naturelle/gault-mcgill/index.htm>. Page consultée le 3 février 2011.

Québec, Ministère des forêts. 1999. Carte de dépôts de surface. Québec : Service des inventaire forestiers, 1 : 50 000.

Québec. 2005. «Les orientations du gouvernement en matière d'aménagement, la protection du territoire et des activités agricoles, Addenda au document complémentaire révisé». Direction de l'aménagement et du développement local du ministère des Affaires municipales et des Régions, 61 p.

Québec, Ministère de la sécurité publique du Québec. 2008. «Approche et principes en sécurité civile». Gouvernement du Québec. 70 p.

Radio-Canada. 2010. Un règlement restreint la location de chalets. Nouvelles régionales. [En ligne]. <http://www.radio-canada.ca/regions/Montreal/2010/11/25/005-chalets-stsauveur-location.shtml>. Page consultée le 4 février 2011.

Richard, P.J.H. 2008. «Projet Laurentie, Paléogéographie postglaciaire». Assemblée générale quadriennale de l'Association québécoise pour l'étude du Quaternaire.

Richard, P.J.H. et S. Occhietti. 2005. «14C chronology for ice retreat and inception of Champlain Sea in the St. Lawrence Lowlands, Canada». *Quaternary Research*, vol 63, p. 353-358.

Ritchot, G., G. Mercier et S. Mascolo. 1994. «L'étalement urbain comme phénomène géographique : l'exemple de Québec». *Cahiers de géographie du Québec*, vol. 38, no. 105, p. 261-300.

Ross, M., M. Parent, B. Benjumea et J. Hunter. 2006. «The late Quaternary stratigraphic record northwest of Montréal: regional ice-sheet dynamics, ice-stream activity, and early deglacial events», *Revue Canadienne des Sciences de la Terre*. no. 43, p. 461-485.

Rouleau, R. et coll. 1990. *Petite flore forestière du Québec*. 2e éd. Québec : Les Publications du Québec.

Rousselle Gilles L. 1983. «Tree Recovery from 1980-1981 Winter Damage in Québec Province». *Compact Fruit Tree*. vol. 16, p. 111-115.

- Saint-Amable. 2009. Saint-Amable présente son projet de programme d'aide pour les propriétaires de maisons affaissée. Communiqué de presse de la municipalité de Saint-Amable.
- Shaffer, M.-A. 2009. «Des Montréalais quittent la ville pour les trains de banlieue». Journal Métro. Groupe Transcontinental. Édition du 19 novembre 2009.
- Sinh, D.L., A. Philibert et G. Ballivy. 1980a. «Rapport technique relatif à l'étude de protection du foyer Savoy, Mont Saint-Hilaire, Beloeil, Québec». Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. 25 p.
- Sinh, D.L., A. Philibert et G. Ballivy. 1980b. «Rapport technique relatif à l'étude de protection du foyer Savoy, Mont Saint-Hilaire, Beloeil, Québec». Labo S.M. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. 26 p.
- Société d'histoire de Beloeil et de Saint-Hilaire. 2009. Société d'histoire de Beloeil et de Saint-Hilaire. [En ligne]. <http://www.shbmsh.org/>. Page consultée le 17 novembre 2009.
- Statistique Canada. 2007. Mont-Saint-Hilaire, Québec (Code2457035) (tableau). Profils des communautés de 2006, Recensement de 2006, produit n° 92-591-XWF au catalogue de Statistique Canada. Ottawa. [En ligne]. <http://www12.statcan.ca/census-recensement/2006/dp-pd/prof/92-591/index.cfm?Lang=F>. Pages consultées le 26 janvier 2011.
- Statistique Canada, 2008. Estimations démographiques annuelles : régions métropolitaines de recensement, régions économiques et divisions de recensement, âge et sexe 2002 à 2007. [En ligne]. <http://www.statcan.gc.ca/pub/91-214-x/2007000/4181401-fra.htm>. Pages consultées en janvier 2011.
- Tanguay, M.G. 1990. «Étude de la possibilité d'éboulis de roc, lot 236, flanc nord du Mont Saint-Hilaire, Saint-Hilaire (Québec)». Interploratech Ltée. 8 p.
- Tanguay, M.G. 1991. «Étude des risque d'éboulis sur les falaises et les talus de la parité nord-ouest du mont Saint-Hilaire (Québec)». Quéformat Ltée, 23 p.
- Tanguay, M.G. 1997. «Étude sur les risques d'éboulis sur les falaises et les talus, lot 68-65, Mont-Saint-Hilaire (Québec)». Dossier no. S-7307, Quéformat Ltée. 9 p.

- Tanguay, M.G. 2003. « Rapport no. S-10838 Étude de la zone à risque d'éboulis secteurs E2, P30, H68 et H75 Mont Saint-Hilaire (Québec) ». Quéformat Ltée., 13 p.
- Tallet B. et J.-F. Valette. 2010. «Une ville qui bouge, une ville qui change», *Espace populations sociétés*, vol. 2-3, p. 379-393.
- Tilman, D., R.M., May, C.L., Lehman et M.A., Nowak. 1994. «Habitat destruction and the extinction debt». *Nature*. vol. 371, p. 65-66.
- Tremblay, T. 2008. «Hydrostratigraphie et géologie du quaternaire dans le bassin-versant de la rivière Châteauguay, Québec». Mémoire de maîtrise en science de la Terre, Montréal, Université du Québec à Montréal, 223 p.
- Turgeon, S., J.-M. Dubois, M. Ouellet et A. Poulin. 2003. «Sismostratigraphie des lacs Brompton, Memphrémagog et Massawippi, sud du Québec, Canada : déglaciation et paléoenvironnements sédimentaire du tardi-Quaternaire appalachien». *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, vol. 9, no 1, p. 13-31.
- Turner, M.G. 1990. «Spatial and temporal analysis of landscape patterns». *Landscape Ecology*, vol. 4, no. 1, p. 21-30.
- Turner, M.G. 2005. «Landscape ecology: What Is the State of the Science?» *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, vol. 36, p. 319-344
- Turner, M.G., R.V. O'Neill, R. H. Gardner et B.T. Milne. 1989. «Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern». *Landscape Ecology*, vol. 3 no. 3-4, p 153-162.
- Turner, M.G., R. H. Gardner et R.V. O'Neill. 2001. *Landscape Ecology in Theory and Practice*. New York, Springer-Verlag. 406 p.
- TVA. 2010. «Les chalets créent des remous à Saint-Sauveur». [En ligne]. <http://tvanouvelles.ca/lcn/infos/regional/archives/2010/12/20101225-114050.html>. Page consultée le 12 janvier 2011.

- Udd, J.E. 1979. «Preliminary Report on the Stability of a Rock Face, La tour rouge, at Motn St-Hilaire, Quebec». Dept. of Mining and Metallurgical Engineering, McGill University, 16 p.
- UNESCO. 2007. UNESCO-MAB Biosphere Reserves Directory. [En ligne]
<http://www.unesco.org/mabdb/br/brdir/directory/database.asp> . Page consultée le 09 décembre 2009.
- UNESCO. 2009a. Biosphere Reserve Information. [En ligne].
<http://www.unesco.org/mabdb/br/brdir/directory/biores.asp?mode=all&code=CAN+01>Page consultée le 10 novembre 2010.
- UNESCO. 2009b. Natural, social and human sciences. Canadian commission for UNESCO. [En ligne]. <http://www.unesco.ca/en/activity/sciences/biospheres.aspx> ,
 Page consultée le 10 novembre 2010.
- Université McGill. 2008. Réserve naturelle Gault. [En ligne].
<http://francais.mcgill.ca/gault/>. Page consutée le 10 décembre 2010.
- Université McGill. 2011. Réserve naturelle Gault. [En ligne].
<http://www.mcgill.ca/gault/fr/propos>. Page consultée le 22 mars 2011.
- UNPFA. 2009. Rapport annuel 2008. [En ligne].
http://www.unfpa.org/about/report/2008/fr/pdf/FR_UNFPA_Annual_Report_2008.pdf. Page consultée en novembre 2009.
- UQÀM. 2009. «Tracer un avenir commun aux Montréalaises. Document pédagogique dans le suivi du colloque tenu en mai 2008», Communauté métropolitaine de Montréal Table de concertation du Mont-Royal, 94 p.
- Vachon, B. 2011. *La passion du rural quarante ans d'écrits, de paroles et d'actions pour que vive le Québec rural*. Tome 1. Trois-Pistoles, Éditions Trois-Pistoles, 600 p.
- Vallé, M. 1990. «Étude de la sécurité d'une partie des lots 236 et 239, paroisse de Saint-Hilaire, Québec». Géoconseil Marcel Vallée inc. 7 p.
- Van Dorp, D. et P.F.M. Opdam. 1987. «Effects of patch size, isolation and regional abundance on forest bird communities». *Landscape Ecology*, vol. 1, no. 1, p 59-73.

- Ville de Mont-Saint-Hilaire. 2004. «Rapport sur la protection et la mise en valeur du périmètre de la montagne». Comité de planification du périmètre de la montagne. [En ligne]
(<http://www.villemsh.ca/Divers/RAPPORT%20p%E9rim%E8tre%20montagne.pdf>) Page consultée le 16 novembre 2009.
- Ville de Mont-Saint-Hilaire. 2008. «Acquisition, fermeture et valorisation de la carrière située sur le flanc du mont Saint-Hilaire». [En ligne]
(<http://www.villemsh.ca/Resourcess/Upload/Docs/Document.Acquisition.fermeture.carriere.pdf>) Page consultée le 16 novembre 2009.
- Ville de Mont-Saint-Hilaire. 2011a. Rôle d'évaluation. [En ligne].
<http://www.ville.mont-saint-hilaire.qc.ca/site/pages/Accessroleevaluation.aspx>.
Page consultée le 15 septembre 2011.
- Ville de Mont-Saint-Hilaire. 2011b. Portrait de la ville. [En ligne].
<http://www.ville.mont-saint-hilaire.qc.ca/site/pages/Portrait-Ville/Statistiques-et-demographie.aspx>. Page consultée le 12 janvier 2011.
- Ville de Mont-Saint-Hilaire. 2012. «Mont-Saint-Hilaire inaugure le Parc de conservation de la Falaise Dieppe : par et pour la collectivité !». Communiquée de presse du 18 avril 2012.
- Wiens, J. A. et B. T. Milne. 1989. «Scaling of “landscapes” in landscape ecology, or landscape ecology from a beetle's perspective». *Landscape Ecology*, vol. 3, p. 87–96.
- Wilcox, B. A. et D. D. Murphy. 1985. «The Effects of Fragmentation on Extinction». *The American Naturalist*, vol. 125, no. 6, p. 879-887.
- Zingg, T. 1935. «Beitrage zur Schotteranalyse». *Schweiz. Min. Pet. Mill.*, vol. 15, no 1, p. 39-14